Zweiter Teil:

Geologie und Paläontologie.

Geologie.

Was ist Geologie?

Geologie, d. h. Erdlehre (vom griechischen ge, Erde und logos, Gedanke, Lehre), ist die Wissenschaft vom Bau und der Entstehung der Erde, sowie von den heutzutage noch auf ihr stattfindenden Vorgängen der Zerstörung und Neubildung. Sie zerfällt in mehrere Zweige, die mehr oder minder vollkommen ausgebildet sind, je nachdem sie der Erforschung offenstehende oder schwer zugängliche oder ganz unzugängliche Gebiete der Erde, wie die Pole und die Tiefen des Erdkörpers, berühren.

Ein Teil der Geologie wird auch als Geognosie, d. h. Erdkenntnis (vom griechischen gnosis, die Kenntnis), bezeichnet. Diese begreift unsere Kenntnis vom Bau des uns zugänglichen Teils der Erdrinde und von der Beschaffenheit und Lagerung der sie zusammensetzenden Felsarten. Sie zieht die Entstehungsweise der Erdrinde und der Felsarten nur nebenbei in Betracht.

Ein maßgebender Teil der Geognosie ist die Petrographie, das heißt Felsarten-Beschreibung (vom griechischen petros, Fels und graphein, schreiben). Sie behandelt die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Felsarten oder Gesteine, setzt namentlich mineralogische Kenntnisse voraus und stellt eine Art von Mittelglied zwischen Mineralogie und Geognosie dar.

Auf ganz anderem geologischen Gebiete bewegt sich die Geogonie oder Erd-Entstehungslehre (vom griechischen gonos, Erzeugung). Sie verknüpft die bruchstückweisen Kenntnisse, die wir von der Entstehung und der allmählichen Umgestaltung der Erde besitzen, unter Zuhilfenahme von mehr oder minder berechtigten Hypothesen. Sie ist also die natürliche Geschichte des Erdplaneten und knüpft daher auch an die Astronomie an, welche die Erde als Weltkörper betrachtet.

Die so gegliederte Geologie benützt viele Zweige der übrigen Naturwissenschaften als Hilfsfächer. Mineralogie und Astronomie, Physik und Chemie, Botanik und Zoologie müssen ihr bald hier, bald da zu Hilfe kommen und zur Lösung der großen Aufgabe beitragen.

Im nächsten Verband mit der Geologie steht namentlich die Paläontologie, das heißt die Lehre von den alten Lebewesen (vom griechischen palaios, alt, und on, Wesen, logos, Lehre). Sie begreift unsere Kenntnisse von den Pflanzen und Tieren, welche im Verlaufe der Ausbildung der Erdrinde die jeweilige Erdoberfläche und das Meer bewohnten und deren Reste in den damals gebildeten neuen Bodenschichten sich mehr oder minder vollständig bis auf unsere Tage forterhielten. Sie heißt auch Versteinerungskunde oder Petrefaktenkunde, weil die Reste vorweltlicher Lebewesen oder Fossilien gewöhnlich in Stein oder Erz umgewandelt vorkommen.

Die Geologie ist eine verhältnismäßig noch junge Wissenschaft, die namentlich aus dem deutschen Bergbau sich emporschwang. Das Altertum brachte nur eine Reihe von mehr oder minder dichterisch ausgeschmückten Schöpfungs-Sagen und hie und da auch von vereinzelten geologischen Versuchen hervor. Die ersten Anfänge zu einer auf Thatsachen gegründeten und wissenschaftlich geordneten Geologie fallen in den Anfang des XVI. Jahrhunderts.

Georg Agricola, geboren 1494, lebte als Arzt in der Bergstadt Joachimsthal im böhmischen Erzgebirge. Er stellte die Kenntnisse seines Zeitalters an physischer Geographie, an Bergbau und Mineralogie ordnungsmäßig zusammen und kann als erster Begründer einer erfahrungsgemäßen Geologie gelten. Er starb 1555.

Nach ihm zeichneten sich der Däne Nikolaus Steno (um 1669), der Franzose Buffon (um 1743), dann zwei deutsche Bergbaukundige, Lehmann (um 1736) und Füchsel (um 1762) rühmlich aus.

In der Folge rangen mehrere Schulen um die Vorherrschaft im Bereiche der Geologie. In den Vordergrund traten nun die Neptunisten und Vulkanisten. Erstere leiteten die Erde aus dem Wasser, letztere vom Feuer her.

Die heutige Geologie läßt ihnen beiden, soweit sie auf richtigem Wege waren, ihr Recht angedeihen, führt aber noch ein anderes Element von großer Bedeutung ein: die ununterbrochene Umbildung der neugebildeten neptunischen und vulkanischen Gebilde — den Metamorphismus oder die Umbildungsthätigkeit.

Die Neptunisten schrieben vorwiegend oder ausschließlich dem Wasser die ursprüngliche Bildung der Erdmasse zu. Diese Ansicht stammt aus den ältesten Zeiten schriftlicher Überlieferung. Sie herrschte bei den Ägyptern und der Mehrzahl der Griechen. Moses und die Hebräer waren gleicherweise Neptunisten.

Die griechischen Weisen betrachteten meistens das Meer als den Schooß aller irdischen Erzeugnisse. Doch gab es unter ihnen auch schon Gelehrte, welche den Ätna in Sizilien und andere vulkanische Ausbruchsstätten der Mittelmeer-Länder kannten und daraufhin dem Feuer einen mehr oder minder bedeutenden Anteil an der Entstehung des Erdkörpers zuschrieben.

Die Neptunisten der neueren Zeit lehrten, das sogenannte Urgebirge, welches den Kern unserer meisten Gebirge bildet, sei aus wässerigem Lösungsmittel in krystallinischer Form niedergeschlagen worden. Sie leiteten auch eine Reihe von jüngeren Felsarten, wie namentlich den Porphyr und den Basalt, von derartigen Niederschlägen ab und wollten der Thätigkeit des Feuers bei der Gestaltung der Erdrinde nur einen untergeordneten Anteil zugestehen.

In den Vordergrund der naturwissenschaftlichen Fächer trat die Geologie erst mit der ordnenden und schaffenden Thätigkeit des seinerzeit vielgefeierten Freiberger Bergbaukundigen und Professors Abraham Gottfried Werner (geboren 1750, gestorben 1817), des größten und letzten der Neptunisten. Seine berühmten Schüler waren: Leopold von Buch (gestorben 1853) und Alexander von Humboldt (gestorben 1859).

In das Zeitalter Werners fällt der gedachte mehrjährige Streit der Neptunisten und Vulkanisten über die Art der ersten Entstehung und der nachfolgenden Ausbil-

dung unseres Erdkörpers. Schon die altgriechischen Philosophen schrieben teils dem Wasser, wie Thales, teils dem Feuer, wie Heraklitus, den Hauptanteil bei diesem Vorgang zu. So standen sich auch noch zu Ende des vorigen und in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts zwei geologische Schulen, die Neptunisten und die Vulkanisten gegenüber. Sie befehdeten sich auf's heftigste, erörterten dabei aber auch die Grundlagen der einander entgegenstehenden Anschauungen soweit, daß es allmählich zu einer Ausgleichung und gegenseitigen Feststellung kam, die den heutigen Stand der Wissenschaft vorbereitete.

Werner und die Neptunisten wollten den Vulkanen nur einen sehr untergeordneten und nur örtlichen Einfluß auf die Gestaltung der Erdrinde zuerkennen. Man stellte sie den in Brand geratenen Kohlenflötzen zur Seite und verlegte ihren Sitz in verhältnismäßig geringe Tiefen der Erdrinde. Dies war offenbar die schwächste Seite des Neptunismus.

Werner gewann gleichwohl dabei durch die maßvolle Ordnung seiner Ansichten und auf Grund seiner Herrschaft über die erfahrungsmäßigen Grundlagen der von ihm hauptsächlich begründeten Geognosie fast alle Zeitgenossen für den Neptunismus. Doch verließ noch zu seinen Lebzeiten ein Teil seiner bedeutendsten Schüler, gedrängt von der Wucht der neu auftauchenden und schwer in die Wagschale des Vulkanismus fallenden Thatsachen, das neptunistische Feldlager und trat auf die Seite von Werners Gegnern: Hutton und Voigt. Der Hauptgegenstand des Streites war die Entscheidung über den wässerigen oder feurigen Ursprung des Basaltes. Alexander von Humboldt und Leopold von Buch gaben in der Folge die Entscheidung und zwar zu Gunsten des Vulkanismus.

Namentlich waren es Humboldts von so vielseitigem Erfolge gekrönte Forschungen in Südamerika, welche den Schwerpunkt der Wissenschaft vom Bau der Erde verrückten. Indem Humboldt die Blicke der Geologen auf die gewaltigen Vulkanen-Reihen der Cordilleren lenkte, zeigte er, wie unzureichend Werners Neptunismus gewesen war. Aus Humboldts Beobachtungen gieng vielmehr hervor, daß die Vulkane eine Folge der Wechselwirkung zwischen der heißflüssigen Masse des Erdinnern und der abgekühlten und erstarrten Erdrinde sind.

Heutzutage, wo die geologische Beschaffenheit ausgedehnter Landstrecken ihren Hauptzügen nach bereits bekannt ist und wo Chemie und Physik in so reichlichem Maße die geologische Forschung unterstützen, unterliegt die Entscheidung zwischen Vulkanismus und Neptunismus kaum noch einigem Bedenken. Jeder von beiden Anschauungen bleibt für bestimmte Felder ihr Recht gewahrt und man kann sagen, heutzutage halten sich in der Geologie der Vulkanismus und der Neptunismus so ziemlich die Wage.

Feuer und Wasser haben beide ihren Anteil an der Bildung der äußeren Erdrinde.

Auf der einen Seite bedingte der feurig-flüssige Weg ausschließlich die ersten Stufen der Ausbildung und äußerte sich seither teils ununterbrochen, teils periodisch wechselnd von der Tiefe des Erdinnern aus gegen die Oberfläche in vulkanischen Ausbrüchen, Erdbeben und warmen Quellen. Erzeugnisse dieser Thätigkeit des Feuers sind namentlich die noch heute stattfindenden Laven- und Aschen-Ausbrüche der Vulkane.

Auf der andern Seite war seit einer frühen Stufe der Erdbildungs-Geschichte der Einfluß des Wassers und der Atmosphäre ununterbrochen thätig, die Erzeugnisse der vulkanischen Thätigkeit an der Erdoberfläche zu verändern und mannigfach — sowohl mechanisch als chemisch — umzugestalten.

Erzeugnisse dieser neptunischen Thätigkeit sind namentlich die mannigfach gearteten Absätze von Schlamm, Sand und Geröllen mit Einschlüssen von Pflanzen- und Tierresten, welche in vorwiegend horizontaler Lagerung die Reihenfolge der geschichteten Formationen zusammensetzen.

Seit Werners Zeiten ist mit wachsender Kenntnis der Vorgänge an der Erdoberfläche und in den uns zugänglichen Tiefen der Erdrinde zum Vulkanismus und Neptunismus noch die Erfassung eines dritten maßgebenden Vorgangs getreten, des Metamorphismus oder der allmählich vor sich gehenden Umbildung aller Gesteine der Erdrinde, der vulkanischen wie der neptunischen durch den Einfluß mannigfacher, teils chemischer, teils physikalischer Vorgänge.

Während Wasser, Atmosphärilien und der Wechsel von Wärme und Frost die an der Erdoberfläche zu Tage gehenden älteren Gesteine unablässig umzuwandeln und zu zerkleinern streben, wirken auf die durch Bedeckung mit jüngeren Gebilden vor dem Einflusse der Atmosphärilien geschützten Felslager Wasser und Kohlensäure, sowie auch verschiedene in Wasser gelöste Stoffe ununterbrochen ein, mit zunehmender Tiefe auch höhere Grade von Wärme und Druck.

Diese Vorgänge verändern mit der Zeit alle Felsarten, sowohl die von vulkanischem als die von neptunischem Ursprunge. Je älter daher ein Gestein ist, um so stärker pflegt es umgewandelt zu sein und um so schwieriger wird es dann gewöhnlich auch, die Art der Entstehung desselben noch zu ermitteln.

Damit begründet sich die Lehre vom Metamorphismus oder der Gesteins-Umbildung.

Viele Geologen haben sich beim Aufbau dieser Lehre beteiligt, unter ihnen namentlich Charles Lyell, der den wichtigen Grundsatz in die Geologie eingeführt hat, daß in allen ältern Perioden keine andern Kräfte auf die Ausbildung der Erde eingewirkt haben, als die, welche auch noch gegenwärtig auf ihr thätig gefunden werden. Dafür werden dann allerdings auch für diese Thätigkeit der Stoffe und Kräfte, die den gegenwärtigen Zustand der Erde herbeiführten, ungeheure Zeiträume in Anspruch genommen — eine Forderung, die auch die Astronomie für die Ausbildung unseres Sonnen- und Planetensystems stellt.

Geogonie.

Die Geogonie oder Erdentstehungslehre (vom griechischen ge, Erde, und gonos, Erzeugung), verknüpft geologische und astronomische Thatsachen mit Hilfe mehr oder minder begründeter Hypothesen in der Absicht, den Urzustand der Erde zu ermitteln, die Gesetze, welche auf ihr wirksam waren, darzulegen und die Veränderungen, welche seitdem der Erdball erlitt, aus den so gefundenen Ursachen folgerichtig herzuleiten, endlich ihren heutigen Zustand zu erklären. Die Geogonie ist also die physiologische Abteilung der Geologie — oder, wenn man weiter zurückgreifen will, die Morphologie der Erde — im übrigen ein lockeres Geflecht von Wahrheit und Dichtung, welches sich leicht auseinander nehmen, ausbessern und wieder zusammenfügen läßt.

Fachmänner und Laien denken ziemlich verschieden von der Bedeutung der Geogonie. Des Laien erste und gespannteste Frage geht nach dem Ursprung und der sonstigen seitherigen Geschichte der Erde und ihrer Lebewelt.

Der Geologe von Fach, kühler gestimmt im Hinblick auf die vielen Unsicherheiten und hypothetischen Ergänzungen der ältesten Geschichte der Erde, legt mehr das Hauptgewicht auf die Kenntnis der heutigen Gestaltung und Zusammensetzung des zugänglichen Teiles der Erdrinde und sucht die mehr oder minder deutlichen Aufschlüsse, welche Lagerung, mineralogische Zusammensetzung und Einschlüsse organischer Überreste gewähren, zur Lösung der Aufgabe zu verwerten.

Er wird jene Fragen nur bruchstückweise — unter Zögern und mancherlei Vorbehalt — beantworten und die sicheren Bau-Elemente gegenüber den hypothetischen Ergänzungen hervorheben. Wir wollen also insofern diesem schwankenden und gebrechlichen Charakter der Geogonie Rechnung tragen, als wir zwischen die hypothetischen Abschnitte derselben die Erörterung thatsächlicher Verhältnisse einschalten, die jenen zur Rechtfertigung dienen können.

Die am weitesten zurückreichenden Elemente zum Aufbau einer Geogonie sind astronomischer, chemischer und physikalischer Art.

Nach der Hypothese von Kant (1755) und von Laplace (1796), die sich durch große Einfachheit und durch eine mehrfache Uebereinstimmung mit astronomischen Thatsachen sehr zu ihrem Vorteile auszeichnet, verdankt die Erde samt der Sonne und ihrem ganzen Planetensystem ihren Ursprung einem von West nach Ost rotierenden Nebelfleck, wie wir deren am gestirnten Himmel mittelst unserer stärksten Fernrohre noch eine Menge nachzuweisen im Stande sind.

Dieser Nebelfleck hatte eine äußerst hohe, für uns nicht mehr ermittelbare Temperatur. Den Zentralkern desselben bildete die Sonne, während seine äußersten Grenzen weit über die Bahn der entlegensten unserer heutigen Planeten hinausgereicht haben mögen.

Durch die Ausstrahlung von Wärme in den kalten Weltraum sank in der Folge die Temperatur unseres Urnebelflecks.

Die nächste Folge dieser Abkühlung war eine Zusammenziehung des Nebelballs und eine weitere dann die Beschleunigung der Rotation.

In der Folge erreichte diese Beschleunigung einen so hohen Grad, daß sie zur Ablösung eines Umfangteils der Masse führte.

Es trat nun eine Bildung von äquatorialen Ringen ein — wie deren Saturn noch jetzt drei zeigt. Die Ringe zerbrachen in der Folge früher oder später, vielleicht in Folge ungleichmäßiger Abkühlung. Aus jedem Ring wurde ein neuer Nebelball, der die Ringbahn behauptend nunmehr als Planet oder Wandelstern den Zentralkörper, unsere Sonne, umkreiste und dieser Vorgang fand zu wiederholten Malen statt.

Soweit bewegt sich die Geogonie noch in den Bahnen der Astronomie.

Sowie die Geogonie aber die Stufe der Entwicklung erreicht hat, mit der unser Erdplanet zu einem selbständigen Gliede, oder wenn man will, einem eigenen Individuum des Sonnensystems ausgebildet erscheint, gewinnt sie nähere Anknüpfungen an die Geologie und damit auch zusehends an festerer Begründung.

Wenn wir der Hypothese von Kant und Laplace folgen und unsere Erfahrungen über die physikalischen Gesetze, nach welchen im Verlaufe allmählicher Abkühlung ein Körper aus dem gasförmigen in den festen Zustand tritt, in Rechnung bringen, können wir in der geogonischen Hypothese wieder ein paar weitere Schritte vorwärts wagen.

Wir ziehen die Folgerung, daß mit der Erhaltung und Verdichtung unseres Planeten eine Scheidung der Masse desselben in Schichten von verschiedener Zusammensetzung und Beschaffenheit statt hatte und diese eine konzentrische Differenzierung (Verschiedentlichung) derselben zu Stande brachte.

Es mußte notwendig ein Festwerden unseres Erdkörpers zugleich von innen nach außen und von außen nach innen erfolgen.

Nach innen zogen sich die ältesten festen Ausscheidungen. Substanzen mit den höchsten Schmelzpunkten gelangten zuerst zur Erstarrung, sie schieden sich aber dabei nach ihrer Eigenschwere.

So entstand eine Ansammlung der schwersten Substanzen, also namentlich gewisser schwerer Metalle und Verbindungen derselben. Sie sanken in der flüssigen Erdmasse unter und bildeten einen festen Kern um den Mittelpunkt des Ballens.

Andere Ausscheidungen aus der flüssigen Erdmasse erstarrten mit vorigen zugleich in Folge hohen Schmelzpunktes, aber sie hatten nur ein sehr geringes spezifisches Gewicht, schwammen an der Oberfläche und bildeten hier eine feste Rinde. Dies waren namentlich Kieselsäureverbindungen oder Silicate.

So erlangte der Erdball drei konzentrisch gelagerte Hauptschichten:

1) zuinnerst um den Mittelpunkt herum eine feste Kernmasse von Substanzen mit hohem Schmelzpunkt und von hohem spezifischem Gewicht, also namentlich schweren Metallen;

2) Eine Mittelzone von flüssiger Beschaffenheit aus Substanzen von niederem Schmelzpunkte — die sogenannte Olivin-Zone;

3) eine äußere feste Rinde aus Substanzen von hohem Schmelzpunkte und geringem spezifischem Gewicht, deren Zusammensetzung im Durchschnitt der des Granites gleich gekommen sein mag. Dies ist die sogenannte Lithosphäre oder Felsschale (vom griechischen lithos, Stein und sphaira, Kugel).

Von diesen drei Hauptabteilungen des Erdballs hat die mittlere Schale, die man auch Olivin-Zone genannt hat, besondere Eigentümlichkeiten, die ein näheres Eingehen rechtfertigen.

Sie ist heutzutage wahrscheinlich in festem oder in teigigem Zustand und infolge des starken Druckes der darauf liegenden Schichten bedeutend über ihren Schmelzpunkt erhitzt — wahrscheinlich auch mit Wasserdampf und Gasen durchmengt. Unter gewissen Umständen aber setzt sie sich in Bewegung.

Sobald der Druck — sei es durch eine Auflüftung der aufliegenden Massen, also durch eine örtliche Entlastung oder durch eine partielle Aufwärtsbewegung der Mittelzone, z. B. durch Schichtenbiegung — verringert wird, geht sie in den flüssigen Zustand zurück und nun tritt auch eine Entfesselung der bis dahin gebundenen Dämpfe und Gase ein.

Hierdurch werden dann vulkanische Aeußerungen der Tiefe gegen die Erdoberfläche hervorgerufen.

Für diesen Abschnitt der Entwicklungsgeschichte unseres Erdplaneten lassen sich eine Anzahl mehr oder minder nahe liegender Thatsachen vorführen, von denen wir die wichtigsten hier näher erörtern wollen — also namentlich die Hitze des Erdinnern und die Kälte des Weltraums, die Umdrehungsgestalt der Erde und ihre Eigenschwere.

Die allgemeine Gestalt unseres Erdplaneten — abgesehen von den Gebirgen des Festlandes und den Tiefen des Meeres — ist eine solche, wie sie nur ein ehedem flüssig oder teigig gewesener rotierender Weltkörper aufweisen kann.

Die Erde ist ein kurzachsiges, an den Polen abgeplattetes Ellipsoid, welches in Einzelheiten etwas unregelmäßig sich gestaltet hat. Es weicht aber von der Kugelgestalt im Ganzen nur wenig ab. Nach Bessel ist die kürzere oder polare Achse = 1713 geogr. Meilen, die längere oder äquatoriale Achse = 1719. Die Abplattung des Ellipsoids beträgt darnach $^1/_{299}$. Nur ein flüssiger oder weicher Körper kann durch Achsendrehung eine solche Gestalt annehmen. Die größere Drehungsgeschwindigkeit der Aequatorialgegend und die dadurch gesteigerte Fliehkraft oder Schwungkraft macht diese Mittel-Region anschwellen und läßt gleichzeitig die Drehungs-Achse sich in entsprechendem Grade zusammenziehen.

Für eine konzentrische Differenzierung des Erdinnern spricht die nach verschiedenem Verfahren versuchte Ermittelung des Eigengewichts oder der Dichtigkeit des Erdballs. Man kann im Mittel aus zahlreichen Versuchen diesen Betrag zu 5·6 annehmen, d. h. die mittlere Dichtigkeit des Erdballs ist $5^6/_{10}$ Mal größer als die des Wassers.

Dieses hohe spezifische Gewicht der Erde steht zunächst in schroffem Gegensatz zu dem der verbreitetsten, den größten Teil der festen Erdkruste ausmachenden Felsarten, als da sind Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Sandschiefer, Kalkstein u. s. w.

Das spezifische Gewicht dieser Felsmassen zusammen kann zu 2·5 veranschlagt werden. Es ergiebt sich daraus, daß das Erdinnere noch bedeutend größer als 5·6 sein muß, also wahrscheinlich die dichteren Materialien in größerer Tiefe und namentlich um den Erdmittelpunkt sich angesammelt haben.

Damit gelangen wir zur Annahme einer konzentrischen Differenzierung — oder schalenweisen Verschiedentlichung — im Aufbau unseres Planeten.

Beide Polargebiete sind in Folge von Abgabe ihrer Wärme an den Weltraum — und bei dem geringen Betrag der Wärme, den ihnen die Sonnenstrahlen zuführen — stark abgekühlt.

In den Polargegenden hat man Temperaturen von —50 und 60° C. und darunter beobachtet. Der Erdboden ist hier bis zu ansehnlicher Tiefe anhaltend gefroren — so zu Jakutsk in Sibirien (64° n. Br. bei mittlerer Jahrestemperatur —9·7° C.) bis zu fast 200 m Tiefe. Hierzu kommt die Kälte auf hohen Bergen und die Kälte der hohen Luftschichten, welche die Luftschiffer erreichten. Das alles deutet auf die Kälte des Weltraums.

Das Erdinnere ist noch immer glühend heiß. Hierauf beuten vor allem die Ausbrüche glühendflüssiger Laven und heißer Dämpfe aus Vulkanen, sowie das Aufsprudeln zahlreicher Warmquellen oder Thermen. Das Anwachsen der Erdwärme mit zunehmender Tiefe zeigen uns die Beobachtungen in Bohrbrunnen und Bergwerken.

So haben namentlich die Temperatur-Beobachtungen in dem Bohrloch von Sperenberg (unweit Berlin) eine stetige Zunahme mit Erreichung größerer Tiefen ergeben. Diese Bohrung erreichte die bedeutende Tiefe von 1064 m (3390 Fuß rhein.) und ergab in dieser eine Wärme von 46·5° C. (37·2° R.) — so viel als die Therme von Bath in England und von Teplitz in Böhmen. Die Wärmezunahme in jenem Bohrloch berechnet sich zu 1° C. auf je 33·7 m.

Heutzutage scheint die Abkühlung des Erdkörpers ihr Ende erreicht zu haben oder wenigstens demselben nahe zu sein. Seit den ältesten auf uns gekommenen astronomischen Beobachtungen, die sich darauf deuten lassen, sind etwas über 2000 Jahre verflossen und in dieser Zeit hat die Temperatur der Erde noch nicht um einen meßbaren Betrag abgenommen. Man nimmt darnach an, daß dermalen der Verlust an Wärme, den die Erde durch Ausstrahlung in den kalten Weltraum erleidet, sich vollständig mit dem ihr von außen durch die Sonnenstrahlen zugeführten Wärmebetrag ausgleicht.

In anderen Bohrlöchern ergab sich die Zunahme ähnlich, so zu Rüdersdorf bei Berlin als 1° C. auf 31 m Tiefe. Das in neuester Zeit zu Schlabebach bei Leipzig betriebene Bohrloch ergab in 1392 Meter Tiefe eine Temperatur von 49° C. Nimmt die Temperatur mit der Tiefe so weiter zu, so erreicht man mit etwa 3000 m Tiefe den Siedepunkt des Wassers, und bei 75 Kilometer oder 10 Meilen Tiefe den Schmelzpunkt des Platins oder 2500° C.

Während wir aus obigem uns überzeugen können, daß das Erdinnere bis auf eine verhältnismäßig dünne Kruste glühend heiß ist, entnehmen wir aus einer Anzahl anderer Thatsachen, daß der Weltraum, soviel wir zu beurteilen vermögen, kalt, vielleicht im höchsten Grade kalt ist. Pouillet hat sie durch Rechnung näher festzustellen versucht und ist zu — 142° C. gelangt. Die Grundlagen seiner Rechnung sind aber nicht zuverlässig.

Es sind das Verhältnisse, welche in ähnlicher Weise wie die Gestalt des Erdballs, und die Hitze des Erdinnern einen ursprünglich flüssigen Zustand desselben erweisen.

Darnach fällt auch der Schwerpunkt der Erde in ausgesprochener Weise mit ihrem Mittelpunkt zusammen.

Wir gelangen damit überhaupt zu der Annahme, daß eine ganz regelmäßige Anordnung der gleich dichten Massen zu konzentrischen Schalen statt hat, daß die spezifisch schwersten den Kern des Erdballs zusammensetzten und sich darum von innen nach außen Schalen von immer abnehmender Dichtigkeit anlagern, deren äußerste sich zu etwa 2·5 beziffert.

Was von diesen konzentrischen Schalen des Erdkörpers die oben hervorgehobene Olivin-Schale betrifft, so ist sie freilich unserer unmittelbaren Wahrnehmung nicht zugänglich. Ihr Vorhandensein in einer gewissen Tiefe wird aber durch mancherlei Gründe wahrscheinlich gemacht. Namentlich deutet darauf das häufige Vorkommen von Olivin-Bruchstücken in manchen basaltischen Ausbruchsgesteinen. Man betrachtet sie als losgerissene Trümmer von Gesteinen der Tiefe, welche die in Bewegung gesetzte Lava mit zur Erdoberfläche emporbrachte.

Im Verlaufe der Abkühlung und Erstarrung der immer noch glühend heißen Erdrinde mögen vielfache und großartige Zerreißungen der erstarrten Masse und Überschiebungen ihrer Trümmer, sowie heftige Ausbrüche der Tiefe stattgefunden haben — der Phantasie ist hier ein weiter Spielraum gelassen. Wir wollen uns mit der einzigen Annahme begnügen, daß die aus der Zerberstung der erhärteten Kruste hervorgegangenen Schollen mehr oder minder mit eingedrungener flüssiger und darnach erstarrter Masse verbunden, die ersten Berge oder Gebirge der Erde bildeten.

Von welcher Art diese ältesten Gesteine der Erdrinde waren, ist jetzt nicht mehr zu ermitteln. Wahrscheinlich aber ist es, daß sie aus kieselsauren Salzen oder Silicaten bestanden und beiläufig die Zusammensetzung des Granites und Gneises hatten.

Man nimmt allgemein an, daß ein Teil der Granite und granitischen Gesteine dieser Epoche angehören. Sie mögen aber allerdings damals von einer anderen Beschaffenheit als die, welche sie jetzt zeigen, gewesen sein. Wahrscheinlich waren sie ursprünglich den feldspatigen Laven und Schlacken unserer heutigen Vulkane ähnlich, erlitten aber im Verlauf langer Zeiträume starke Umwandlungen ihrer Gesteins-Beschaffenheit durch eine allmähliche Verschiebung ihrer Teilchen und den Einfluß von einsickerndem, bald mit diesen, bald mit jenen Mineral-Substanzen beladenem Wasser.

Bis dahin hatte allem Ermessen nach alles Gewässer des Ozeans in Dampfgestalt die Erdkugel umgeben. Mit weiter vorrückender Abkühlung traten aber die ersten Niederschläge von tropfbar-flüssigem Wasser ein. Darnach schied sich die Erdoberfläche in Festland und Meer.

Damit war auch die Bildung einer neuen Gattung von Felsarten gegeben — der neptunischen Absätze oder Sedimente, die von da an ununterbrochen anhielten und eine neue, aber ungleich dicke Schale des Erdballs ergaben. Dieser Vorgang beruhte zunächst auf dem Einflusse des in den erhöhten und kühleren Stellen der Erdrinde niedergehenden Wassers. Wärme und Luftdruck mögen damals noch ziemlich hoch gewesen sein. Dazu kam ferner der Einfluß der Kohlensäure, die dem aus der Atmosphäre niedergehenden Regen folgend auf die Oberfläche der festen Urfelsmassen mächtig zerstörend einzuwirken anfing.

Bruchstücke und Trümmer der älteren Gesteine wurden durch das abströmende Wasser von höheren an tiefere Stellen herabgeführt und lagerten sich hier schichtenweise übereinander ab. Diese Bodenschichten mögen ursprünglich Schlamm, Sand und Gerölle gewesen sein. Sie erlitten aber nachfolgend wieder gerade solche Umwandlungen wie die Gesteine der Erstarrungskruste unter gleichen Bedingungen.

Dieser Vorgang hat sich von da an bis auf den heutigen Tag fortgesetzt. Neue Bodenschichten lagerten sich ab, während andere ältere Gesteine in verschiedenen Tiefen Umbildungen erfuhren.

Das Wasser nagt ununterbrochen die ihm ausgesetzten Oberflächen der festen Felsmassen an — sowohl mechanisch und unterstützt vom Wechsel zwischen Trockenheit und Wärme, wie zwischen Kälte und Wärme, — als auch chemisch vermöge der in ihm enthaltenen Kohlensäure und anderer mineralischer Substanzen. Es strebt die Berge zu erniedern, die Tiefen auszufüllen.

Auf dem Boden der Binnenseen und des Meeres entstehen dadurch fortwährend Schichten von Schlamm, Sand und gröberem Gesteinsschutt, mannigfach untereinander verschieden je nach der Art und Beschaffenheit der vorzugsweise der Annagung ausgesetzten Felsarten und je nach der Art der Bewegung der Gewässer. Dazu tragen auch die Pflanzenwelt und die Tierwelt bei, teils durch Ansammlung von Kohlenlagern, teils durch Absonderung fester kieseliger oder kalkiger Substanzen.

Nach hinreichend vorgerückter Abkühlung der Erdoberfläche — jedenfalls nachdem ihre Temperatur unter den Siedepunkt des Wassers gefallen war — mögen dann auch die ersten organischen Wesen entstanden sein.

Aller Wahrscheinlichkeit nach waren es sehr nieder organisierte Lebewesen, Mittelformen zwischen Pflanze und Tier, deren Bau und Lebenserscheinungen noch so schwankend ausgedrückt sind, daß sie weder mit voller Bestimmtheit dem Pflanzenreich noch dem Tierreich zuzurechnen sind. Von solchen Lebewesen kennt man in der heutigen Lebewelt noch mehrere Klassen, wie die Moneren, die Amöben und Rhizopoden.

Erhalten hat sich von diesen ältesten Lebewesen der Erdoberfläche nicht die geringste Spur. Wahrscheinlich besaßen sie sämtlich eine so weiche und vergängliche Körper-Beschaffenheit, daß sie in Bodenabsätzen keine fossilen Reste zu hinterlassen vermochten, sondern alsbald sich im Kreislauf der Elemente wieder verloren.

Lange Zeiträume mußten noch verfließen, bis das Pflanzenreich und das Tierreich unter fortschreitender Vervollkommnung von Bau und Verrichtungen sich für die Dauer geschieden hatten.

Dabei entstanden auch Lebewesen mit festen, einer fossilen Erhaltung fähigen Teilen, namentlich Pflanzen mit einem Gewebe von Holzfaser oder Cellulose, sowie Tiere mit Hornsubstanz und andere mit Kalkschalen.

Mehr oder minder zahlreich mischten sich von da an Pflanzen- und Tierreste den neu gebildeten Absätzen der Gewässer bei, sowohl denen des Meeres als auch denen der süßen Binnenseen.

Am besten erhielten sie sich in der Regel in geschichteten Ablagerungen von sehr feinem Korn und schlammigem oder feinsandigem Material, hier oft mit überraschender Deutlichkeit der feinsten Einzelheiten.

Aber auch ganze Lager organischer Reste setzten sich ab, namentlich von Holzmassen in nassen Vertiefungen des Festlandes und von kalkigen Konchylien und Korallen in seichten Meeresgebieten.

Auf diese Weise werden die geschichteten Gebilde der Erdrinde zu einer Art von Archiv der Geschichte der Erde und ihrer älteren und neueren Bewohner.

Die Schichten des Bodens sind gleichsam die Blätter dieses Geschichtsbuches der Erde, die darin erhaltenen Reste organischer Wesen — die sogenannten **Versteinerungen** oder **Fossilien** — aber stellen ebensoviele bald mehr bald minder lesbare, bisweilen auch sehr rätselhafte Urkunden aus längst verflossenen Zeiten dar.

Aus Schichten und Versteinerungen entziffern wir die ehemalige Ausdehnung von Land und Meer und erfahren außerdem gelegentlich noch manches Wissenswerte über die damalige Pflanzen- und Tierbevölkerung, ihre Lebensweise, ihre Abstammung und ihre Wanderungen.

Die verschiedenen geschichteten Gebilde, welche im Verlaufe der seither verflossenen geologischen Zeiten unter Vermittelung des Wassers in den Niederungen des Festlandes und in den Tiefen des Meeres abgelagert wurden, ergeben gewöhnlich, wo sie von Thälern durchschnitten und bloßgelegt werden oder wo sie die Hand des Menschen in Schachten und Tiefbohrungen durchbrochen hat, mehr oder minder bestimmte Reihenfolgen von Schichten und Schichtengruppen.

Gewisse Folgen, die in irgend einem auffallenden Merkmal übereinkommen, hat man unter dem Namen **Formationen** zusammengefaßt. So z. B. die Steinkohlen-Formation oder das karbonische System und die Kupferschiefer-Formation oder das permische System.

Im allgemeinen begreift jede solche Formation Schichtenfolgen, die aus dem Meer und andere, die aus dem süßen Wasser abgesetzt wurden und an ihren fossilen Pflanzen- und Tierresten als derartige Absätze erkannt werden.

Bald wechsellagern sie, bald treten sie von einander getrennt in mehr oder minder von einander entlegenen Erdteilen auf und im letzteren Falle ist oft schwer auszumachen, was von ihnen gleichzeitiger Entstehung ist.

Während diese Reihenfolge neptunischer Formationen in den Niederungen des Festlandes und in den Tiefen des Meeres abgelagert wurde, fanden bald hie bald da kleinere und größere Unterbrechungen des regelmäßigen Bildungsganges statt, welche die Gestaltung von Ebene und Gebirg und das Verhältnis zwischen Festland und Meer mannigfach veränderten und in die Lebensverhältnisse der jeweiligen Pflanzen- und Tierbevölkerung oft mächtig eingriffen, daher auch oft den Eindruck allgemeiner Erd-Revolutionen hervorbringen.

Diese geologischen Ereignisse waren übrigens örtlich und ihre Einwirkung auf die Gestaltung der Erdoberfläche und die Bedingungen des Pflanzen- und Tierlebens verlor sich mit wachsender geographischer Entfernung. Was sich in Europa und was sich um dieselbe Zeit in Amerika zutrug, ist oft nur mit Mühe oder aufs Ungefähr hin als gleichzeitig zu erweisen. Es giebt daher auch keine vollkommen über die ganze Erdoberfläche hin von einander abgeschiedenen Formationen, sowie es auch niemals im Verlaufe der geologischen Geschichte der Erde allgemeine Vernichtungen der Pflanzen- und Tierwelt gegeben hat.

Die Vorgänge, welche den regelmäßigen Verlauf — also die Abtragung der Berge und Gebirge durch die Atmosphärilien und durch die Auffüllung der Thäler und Binnenland-Becken sowie des Meeres — vielfach unterbrachen und eine andere Oberflächen-Gestaltung der Erdrinde nach sich zogen, waren namentlich **Faltungen** und **Senkungen** derselben.

Die gemeinsame Ursache dieser beiden weit auseinander gehenden Vorgänge ist die allmählich vorschreitende Erkaltung der Erde.

Die nächste Folge der Erkaltung ist notwendigerweise eine Volum-Verminderung.

Dieser zweite Vorgang erfolgt aber nicht ganz gleichmäßig — da die Erdkruste selbst bereits längst ungleichmäßig geworden ist und daher auch nicht ganz gleichmäßig der Zusammenziehung Folge leisten kann.

Wäre die feste Erdkruste stark genug und könnte sie dem gewaltigen zentripetalen Zug der Schwere widerstehen, so müßten unter ihr Hohlräume entstehen. Dies ist nun nicht der Fall. Statt dessen sucht sich die erkaltende Rinde des Erdballs dem Erdinnern anzuschmiegen.

Dies geschieht nun unter zweierlei gewaltsamen, ausgedehnt wirksamen, aber doch geographisch begrenzten Kraftäußerungen — **Faltung** und **Senkung**. So entstanden dann mancherlei Störungen im felsigen Bau der Erdrinde.

Faltungen entstanden an Stellen geringeren Widerstandes durch horizontale oder genauer genommen periferische Verschiebung. Statt sich in die Tiefe zu senken, brachte hier ein Teil der Erdrinde faltende und schiebende Ausgleichungen zuwege, die einen Einbruch abwandten.

Solche Faltungen erzeugten die großen Gebirgsketten, z. B. die Alpen und den Schweizer Jura, sowie in Nord-Amerika das Alleghany-Gebirge. Die Falten wurden dabei oft zu gewaltigen Höhen emporgestaut.

An anderen Stellen der Erdrinde brachte die Gewalt der Zusammenziehung zentripetale Brüche und damit entsprechende Einsenkungen zuwege. Größere und kleinere Schollen lösten sich aus dem Verbande los und sanken zwischen ihrer Umgebung in die Tiefe.

Solche Einbrüche der festen Erdrinde mögen es gewesen sein, welche die jetzt vom Meere erfüllten Becken und Thäler hervorbrachten.

Während aller dieser Vorgänge von Zerreißung der Erdrinde, Hebungen und Senkungen, dauerte auch die vulkanische Thätigkeit — bald hie bald da hervortauchend und eine Zeit lang mit Heftigkeit wirksam — ununterbrochen fort und häufte Laven und Aschen um die Ausbruchs-Öffnungen. Sie scheint nur auf einer örtlich vorübergehenden Kommunikation zwischen der Erdoberfläche und der glühend heißen Mittelschale des Erdinnern zu beruhen. Doch kann ihre Dauer stellenweise auch sich lang hinausziehen.

Die vulkanische Thätigkeit hat auch zahlreiche Berge und einzelne größere Gebirge hervorgebracht, indem sie bald mehr glühend flüssige Laven ausgoß, bald Gesteinsbrocken und Aschen um die Ausbruchs-Öffnung aufschüttete. Besonders großartig erscheinen die Wirkungen der vulkanischen Thätigkeit in den Anden von Südamerika, auf Island u. a. O.

Hat keine weitere Abkühlung des Erdballs mehr statt, so ist auch anzunehmen, daß keine weitere Zunahme seiner Erstarrungskruste im Gang ist. Andernfalls würde anzusagen sein, daß in der Folge — allerdings in unabsehbar ferner Zukunft der gesammte Erdball der Erkaltung verfallen werde. Dann würde auch das ganze Erdinnere erkalten und erstarren. Mit diesem Vorgang würde dann auch eine Auffaugung des gesamten Wassers und der gesamten Atmosphäre verknüpft sein. Wasser und Luft würden in den Gesteinsmassen des Erdinnern verschwinden. Der Erdplanet würde damit demselben Schicksal, welches den Mond bereits ereilt hat, verfallen — vollkommener Verödung.

Das Alter der Erde hat man mehrmals zu ermitteln versucht, indessen die zu Grund gelegten Rechnungselemente z. B. die Temperatur des allgemeinen Weltraums, sind zu unsicherer Art, um zu annehmbaren Ergebnissen führen zu können.

G. Bischof ließ auf der Sayner Hütte eine mächtige Kugel von Basalt in einer Form von Lehm gießen und beobachtete dann den Verlauf ihrer Erkaltung. Er nahm weiterhin die mittlere Temperatur von Deutschland während der Steinkohlen-Formation zu 22° R. oder 27,05 C., und die dermalige mittlere Temperatur von Deutschland zu 8° R. oder 10° C. Aus diesen Rechnungs-Elementen folgerte er, daß unsere Steinkohlen-Formation ein Alter von neun Millionen Jahren habe. — Für die gänzliche Erkaltung des Erdballs gelangte er zu 353 Millionen Jahre. Er selbst hat aber auf diese nur annähernden Beträge auch nur geringes Gewicht gelegt.

Petrographie.

Die Petrographie oder Felsartenbeschreibung, Gesteinsbeschreibung ist ein fundamentaler Teil der Geologie und zunächst der Geognosie.

Sie behandelt die Beschaffenheit und Zusammensetzung der die feste Erdrinde darstellenden Felsarten oder Gesteine, setzt namentlich mineralogische Kenntnisse voraus und nimmt eine Mittelstellung zwischen Mineralogie und Geognosie ein.

Felsart oder Gestein heißt jede mineralische Masse, gleichviel, welchen Ursprungs und welcher Beschaffenheit, sobald sie nur in Menge und Geschlossenheit auftritt und als selbständiges Glied der felsigen Erdrinde aufgefaßt werden kann.

Manche Felsarten bestehen aus kleinen Krystall-Individuen eines einzigen Minerals wie z. B. der Marmor oder körnige Kalk. Viele andere Felsarten bestehen aus einem mehr oder minder innigen Gemenge von mehreren oft noch sehr leicht unterscheidbaren Mineralen, wie der Granit, welcher ein Gemenge von Feldspat, Quarz und Glimmer ist. Noch andere Felsarten bestehen aus zertrümmerten Teilen älterer Stücke der festen Erdrinde, so z. B. die Kieslager und der Lehm, sowie die verschiedenen Sandsteine.

Auch können Anhäufungen fester, der Verwesung mehr oder minder widerstehender Teile von Pflanzen und Tieren als Felsarten auftreten. Dies gilt vom Torf, von der Braunkohle und der Steinkohle. Ebenso entstehen in Binnenseen und auf vielen Strecken des Meergrundes Lager von Schneckenschalen und Muscheln. Kalkabscheidende Korallen erzeugen mächtige Riffe an Festlandküsten und an Inseln wärmerer Meere.

Endlich kann auch das an den Polen der Erde weithin angehäufte Eis als eine Felsart betrachtet werden.

Bei diesem je nach Beschaffenheit und Ursprung der Felsarten weit auseinander gehenden Umfang der Petrographie ist auch die Einteilung derselben mannigfach der Willkür überlassen und zahlreiche Mittelglieder verknüpfen viele auf den ersten Eindruck wohl abgerundete petrographische Einzelheiten. So gibt es Übergangsformen zwischen Granit und Gneis, zwischen Gneis und Glimmerschiefer, zwischen Glimmerschiefer und Thonschiefer, endlich zwischen Thonschiefer und Thon.

Viele Felsarten sind in ununterbrochener Umwandlung begriffen. So die Steinkohle, die mehr oder minder auffallende Mengen von Kohlensäure-Gas und Kohlenwasserstoff-Gas aushaucht.

Wir unterscheiden vier Hauptklassen der Gesteine:

I. Krystallinische Gesteine, z. B. Granit, Gneis, Basalt, Porphyr u. s. w.

II. Chemische Absätze aus Mineralquellen, z. B. Kalktuff.

III. Trümmer-Gesteine, z. B. Kies oder Gerölle, Sand, Thon u. s. w.

IV Aus organischen Resten zusammengesetzte Gesteine, z. B. Torf und Steinkohle.

Diese Einteilung paßt sehr wohl für die scharf ausgeprägten petrographischen Einheiten, aber eine Menge von Mittelbildungen entziehen sich der bedingungslosen Zuteilung zu einer der Klassen und müssen bei zweien aufgeführt werden, um beiderlei Beziehungen Rechnung zu tragen, z. B. dichter Kalkstein mit Versteinerungen und krystallinisch-körniger Kalkstein.

I. Die krystallinischen Gesteine bestehen aus mehr oder minder leicht unterscheidbaren, aber auch oft erst in Dünnschliffen unter dem Mikroskope deutlich werdenden, mit einander verwachsenen Mineral-Individuen, die meist die Gestalt von Körnern, Blättchen oder Nadeln zeigen, seltener als ringsum ausgebildete Krystalle erscheinen.

Diese krystallinischen Gesteine sind meist Massengesteine, das heißt ohne eine Aufeinanderfolge von plattenförmigen Abteilungen — den Lagern oder Schichten — aber von verschiedentlich verlaufenden Klüften in Blöcke, Quadern, Säulen u. s. w. abgesondert. Dahin gehören z. B. Granit

und Basalt. Von diesen ist der Basalt auf feurigem Wege entstanden, aber seitdem nur wenig verändert worden, der Granit ist ebenfalls meist auf feurigem Wege entstanden, hat seither aber tiefgehende Umwandlungen erlitten.

Andere krystallinische Gesteine sind geschichtet, sie stellen eine Aufeinanderfolge von plattenförmigen Abteilungen oder Lagern und Schichten dar. Sie sind vom Wasser abgesetzt, aber darnach stark umgewandelt worden. Dahin gehören z. B. Gneis, Glimmerschiefer und Hornblendeschiefer.

Die Minerale, welche an der Bildung von krystallinischen Felsarten besonders beteiligt sind, gehören meistens zu den Silikaten oder kieselsauren Salzen. Solche felsbildende Minerale sind namentlich der Feldspat (in verschiedenen Arten), der Quarz, der Glimmer (ebenfalls in verschiedenen Arten), die Hornblende oder der Amphibol, der Augit oder Pyroxen, das Magneteisenerz oder der Magnetit und mehrere andere.

Manche Minerale kommen auch nur gelegentlich an einzelnen Stellen oder in besonderen Lagern vor. So z. B. der Olivin im Basalt, der Granit im Glimmerschiefer. Solche heißen dann zufällige — oder accessorische — Gemengteile der Felsarten.

Es gibt krystallinische Gesteine, die wesentlich nur aus einer einzigen Mineralart aufgebaut sind — wie Steinsalz, Gyps, Anhydrit, körniger Kalk, Dolomit, Quarzfels, Hornblendeschiefer, Kalkschiefer, Chloritschiefer, Serpentin u. s. w.

Wir wollen auf einige näher eingehen.

Das Steinsalz [1]) ist ein körniges oder blätteriges Gestein, das ganz aus dem in Wasser leicht löslichen Kochsalz oder Chlornatrium besteht. Es bildet, begleitet von Gyps und Thon, Lager in den geschichteten Formationen, sie haben oft kurze Ausdehnung und beträchtliche Mächtigkeit und heißen dann Stöcke.

Das Steinsalz ist ein Rückstand der Eintrocknung von Meeresbecken, die durch Hebung vom Ozean abgetrennt wurden und unter Einfluß eines trockenen Klimas abdunsteten.

Der Gyps [2]) ist ein körniges oder scheinbar dichtes Gestein, das ganz aus wasserhaltigem Calciumsulfat besteht und in Wasser etwas, aber nur sehr wenig löslich ist. Ein fester feinkörniger Gyps heißt auch Alabaster.

Der Gyps begleitet gewöhnlich das Steinsalz oder verkündet noch dessen ehemaliges Dasein, wo dasselbe von Wasser wieder aufgelöst und weggeführt worden ist. Andere Gypslager entstehen noch fortwährend aus der Zersetzung von Dolomit, was sich dann durch den Abfluß von Bitterquellen kund gibt.

Anhydrit [3]) ist wasserfreies Calciumsulfat, also dem Gyps nahe verwandt, aber wasserfrei und härter. Er ist bald körnig, bald dicht und gewöhnlich von weißer oder hellgrauer Farbe. Er kommt gewöhnlich mit Gyps zusammen vor, namentlich auf Steinsalz-Lagerstätten.

In Berührung mit Wasser verwandelt er sich bald in Gyps und Anhydritlager haben daher gewöhnlich eine starke Gypskruste um sich angesetzt.

Körniger Kalkstein oder Marmor [4]) ist ein in der Regel geschichtetes, bisweilen auch massiges Gestein, das aus verwachsenen Krystallkörnern von Kalkspat oder Calcit (Calciumcarbonat) besteht und ein mehr oder weniger krystallinisch-körniges, aber auch wohl ein scheinbar dichtes Gefüge besitzt. Die Farbe ist meist weiß oder hellgrau. Häufig ist der körnige Kalk zugleich geschiefert und dann auf den Schieferungsflächen von zahlreichen Glimmerblättchen bedeckt.

[1]) Teil I. Gruppe X.
[2]) Teil I. Gruppe VI.
[3]) Teil I. Gruppe VI.
[4]) Teil I. Gruppe VI.

Körniger Kalk findet sich namentlich als Lager in Gneis und Glimmerschiefer, aber auch hie und da in viel jüngeren Formationen z. B. der Trias und dem Jura der Alpen und Apenninen.

Der körnige Kalk ist ein durch Ausbildung des krystallinischen Gefüges umgewandeltes oder metamorphes Gestein. Zahlreiche Uebergangsgesteine verbinden den krystallinisch-körnigen mit dem aus Meeresabsätzen hervorgegangenen dichten Kalk und verkünden die Umgestaltung des dichten Gesteins durch die allmählige Umlagerung der kleinsten Teilchen oder Atome. Der dichte Kalk enthält häufig noch organische Reste, besonders Meeres-Konchylien und Korallen. Aber mit der Umlagerung der Teilchen zu krystallinischem Fels pflegen die bis dahin erhalten gebliebenen Formen älterer Lebewesen allmählig zu schwinden und schließlich sich ganz zu verlieren.

Der Dolomit oder Magnesia-Kalkstein [1]) ist ein mit dem Kalkstein nahe verwandtes Gestein, welches auch aus Kalkstein durch Zufuhr von Magnesia aus wässeriger Lösung hervorgegangen ist und dabei ein mehr oder minder ausgesprochenes krystallinisches Gefüge angenommen hat. Das äußere Ansehen der Dolomite ändert sehr ab. Hochausgebildete Stufen desselben sind bald zuckerartig-körnig, bald von eckigen Hohlräumen durchzogen, deren Wandungen mit Kryställchen von Dolomit oder Braunspat besetzt sind. Mit wachsender Krystallinität schwinden auch hier die Formen der bis dahin erhalten verbliebenen organischen Reste. Oft wird dann das Gestein auch massig. Der Dolomit findet sich teils in krystallinischen Schiefern eingelagert, teils auch in jüngeren Formationen, namentlich noch im Jura vertreten. Berühmt sind die schroff ansteigenden und zum Teil spitz ausgehenden Dolomit-Felsen im südlichen Tyrol. Die Farbe des Dolomit ändert zwischen weiß, gelb, grau und bräunlichgrau und manche Dolomite sind auch so locker, daß sie zu Sand oder Staub zerfallen.

Der Quarzfels [2]) ist eine geschichtete oder auch geschieferte krystallinisch-körnige oder fast dichte Masse von Quarz oder Kieselsäureanhydrid und von weißer oder grauer Farbe, meist von großer Festigkeit. Der Quarzfels erscheint im Gebiete von Gneis, Glimmerschiefer und Thonschiefer eingelagert. Er ist meist als umgewandelter Quarzsandstein zu betrachten und ähnliche Gesteine kommen noch sehr häufig in den jüngeren Formationen eingelagert vor, wo sie zuweilen auch schon als sehr feste und geschlossene Massen auftreten.

Der Hornblendeschiefer [3]) ist ein schiefriges Gemenge von grünen oder schwarzgrünen Hornblende-Krystallen, die oft zu Fasern gestreckt sind. Er bildet Lager in Gneis und Glimmerschiefer und geht unter Aufnahme von Feldspat in Amphibolit über.

Der Serpentin [4]) ist eine feinkörnige oder dichte Masse des gleichnamigen Minerals, grün in vielerlei Abstufungen, oft geadert oder geflammt. Beigemengt erscheinen noch manche Minerale z. B. Magneteisen, Granat (Pyrop), Olivin u. dgl. Der Serpentin erscheint oft als Lager in Gneis und Glimmerschiefer und ist also ein umgewandeltes und ursprünglich neptunisches Gestein.

An anderen Orten kommt Serpentin aber auch als gangförmige, in geschichtete neptunische Gebilde querüber eingedrungene Masse vor, ist also hier ein Ergebnis der Umwandlung eines gewaltsam aus der Tiefe ausgestiegenen vulkanischen Gesteins.

Der Serpentin zeigt uns solchergestalt, wie aus ursprünglich verschiedenen — neptunischen oder vulkanischen — Gesteinen im Laufe sehr langer Zeiten unter Einfluß der in der Erdkruste wirksamen Stoffe und Kräfte schließlich eine und dieselbe Felsart hervorgehen kann.

[1]) Teil I. Gruppe VI.
[2]) Teil I. Gruppe I
[3]) Teil I. Gruppe II.
[4]) Teil I. Gruppe II.

Noch zahlreicher sind die aus zwei, drei oder mehr Mineralen zusammengesetzten krystallinischen Gesteine. Unter ihnen sind umgewandelte geschichtete Gebilde wie Gneis, Glimmerschiefer und Amphibolit, sowie eine Menge ungeschichteter massiger (teils alter und umgewandelter, teils neuer und erst wenig oder gar nicht veränderter) Gesteine, wie Granit und Syenit, Basalt und Trachyt.

Wir beginnen mit dem Granit.[1] Er ist ein krystallinisches Gemenge von Feldspat, Quarz und Glimmer. Der Feldspat ist meist Orthoklas, doch kommen auch andere Feldspatarten vor. Der Glimmer ist gewöhnlich weiß, grau, braun oder schwarz. Es kommen eine Menge von Abänderungen vor, desgleichen Übergänge. So geht der Granit durch lagenweise Anordnung der Glimmerblättchen häufig in Gneis über.

Die Entstehungsweise des Granits ist verschieden. Ein Teil des Granits erscheint lagerweise im Gebiete des Gneises und ist also ein uraltes geschichtetes, aber inzwischen stark umgewandeltes und massig gewordenes Gestein. Man nennt diesen Granit auch Lager-Granit. Andere Granitmassen zeigen eine gangförmige Durchsetzung älterer oder jüngerer geschichteter Gesteine und schließen dann gewöhnlich auch größere und kleinere losgerissene Bruchstücke und Schollen derselben ein. Diese sind darnach umgewandeltes vulkanisches Gestein.

Die so nach ihrer Entstehungsweise verschiedenen Granite sind aber nicht mehr nach ihrer petrographischen Beschaffenheit, sondern nur noch nach ihrer Lagerungsweise von einander zu unterscheiden.

Der Gneis[2]) ist ein körnig-schiefriger Granit, der die Hauptmasse des krystallinischen Schiefergebirgs darstellt. Beide Gesteine bilden häufig den Kern bedeutender Gebirge, wie namentlich der Alpen, des Schwarzwalds, Odenwalds u. s. w.

Es giebt viele Abänderungen, z. B. Hornblende-Gneis, der aus Feldspat, Quarz, Glimmer und Hornblende besteht.

Der Gneis überhaupt ist ein umgewandeltes geschichtetes Gestein, gleichwie der Lagergranit, in den er häufig übergeht.

Der Glimmerschiefer ist ein schiefriges Gemenge von körnigem Quarz mit Glimmerblättern. Er enthält häufig Granat eingemengt und heißt dann Granat-Glimmerschiefer.

In andern Fällen nimmt er Feldspat auf und geht dadurch in Gneis über. Enthält er dagegen vielen Quarz und wenig Glimmer, so wird er dadurch zu schiefrigem Quarzfels.

Der Glimmerschiefer überhaupt ist ein umgewandeltes Lagergestein, welches im Aufbau der Gebirge gewöhnlich über Gneis und unter Tonschiefer gelagert erscheint.

Der Syenit ist ein massiges Gestein wie der Granit und besteht aus einem krystallinischen Gemenge von Feldspat (und zwar Orthoklas) und Hornblende. Er gehört zu den umgewandelten vulkanischen Gesteinen.

Dem Syenit nahe steht der Amphibolit — vergleiche auch den Hornblendeschiefer (oben Seite 7). Es sind geschichtete Gesteine, die besonders im Gneis eingelagert erscheinen und einander sehr nahe verwandt sind.

Diorit (früher Grünstein genannt) ist ein körniges Gemenge von Feldspat (und zwar von einem triklinen Feldspat oder Plagioklas) mit Hornblende. Bei einer Abart ist Glimmer sehr häufig, dies ist der Glimmer-Diorit. Feinkörniger Diorit heißt Aphanit. Die Diorite sind überhaupt umgewandelte vulkanische Gesteine, welche ältere geschichtete Formationen durchbrochen haben.

Dem Diorit steht der Diabas nahe (früher auch Grünstein genannt). Er besteht aus Feldspat (Plagioklas) und Augit (Pyroxen).

[1]) Teil I. Gruppe IV.
[2]) Teil I. Gruppe IV.

Hieran schließt sich weiterhin der Melaphyr (früher auch schwarzer Porphyr genannt). Dieser erscheint häufig als „Mandelstein", das heißt mit mandelförmig gestreckten Hohlräumen, die von einer jüngeren Mineralsubstanz (z. B. Achat) erfüllt erscheinen. Ein Hauptvorkommen ist in der Nahe-Gegend (bei Oberstein u. a. O.)

Der Olivin-Fels ist ein krystallinisch-körniges Gemenge von grünem oder gelbgrünem Olivin mit anderen Mineralen, z. B. Enstatit, Augit, Granat u. s. w. Er erscheint meist im Gebiete der krystallinischen Schiefer und geht oft in Serpentin über.

Allgemeinere Bedeutung erlangt der Olivinfels, insofern er in seiner Zusammensetzung eine gewisse Ähnlichkeit mit manchen Meteoriten[1]) zeigt — sowie auch dadurch, daß Olivin-Stücke hie und da durch vulkanische Ausbrüche aus größeren Tiefen der Erdrinde emporgeführt worden sind.

Der Basalt ist eines der jüngeren, erst wenig umgewandelten oder scheinbar noch ganz unveränderten vulkanischen Gesteine. Er erscheint in zahlreichen Abänderungen, gewöhnlich krystallinisch-körnig, von feinerem oder gröberem Korn, schwarz oder schwarzgrau. Er besteht aus einem Gemenge von Feldspat (und zwar einem Plagioklas, z. B. Labradorit) mit Augit und gewöhnlich auch Olivin, oft auch noch mit Magneteisen oder Titaneisen. — Der Dolerit ist ein grobkörniger oder mittelkörniger Basalt.

Es gibt auch ganz olivinfreie Abänderungen des Basaltes.

Ein großer Teil der heute noch aus Vulkanen hervorbrechenden Laven sind echte Basalte. Diese Basalt-Laven zeigen meist an ihrer Oberfläche eine schlackige oder höhlige Beschaffenheit. Das innere des Stromes aber ist geschlossener körniger und klüftig-massiger Basalt.

Basalt-Laven verhältnismäßig spät erloschener Vulkane erscheinen am Niederrhein (u. a. am Laacher See) und in der Auvergne.

Von heutigen Vulkanen ergießt besonders der Ätna auf Sicilien basaltische Laven.

Der Phonolith oder Klingstein ist ein dichtes (sehr feinkörniges) im frischen Zustande dunkelgrünlichgraues oder bräunliches Gestein von gewöhnlich plattenförmiger Absonderung. Unter dem Mikroskop ergibt die Grundmasse sich als ein krystallinisch-feinkörniges Gemenge von Sanidin (glasigem Feldspat), Nephelin, Augit, Leucit, Hauyn und Magnetit. Darin erscheinen größere Sanidin-Krystalle porphyrartig eingestreut. Der Phonolith gehört zu den jüngeren vulkanischen Gesteinen und ist wie die meisten derselben quarzfrei.

Der Trachyt ist ein körniges quarzfreies, meist graues oder bräunliches Feldspat-Gestein. Seine Grundmasse besteht besonders aus feinkörnigem Sanidin oder glasigem Feldspat nebst einem Plagioklas (Oligoklas). Ferner sind in der Regel noch Hornblende, Augit und Glimmer beigemengt. In größeren Krystallen sind gewöhnlich Feldspat und Hornblende eingestreut, wodurch dann das Gestein ein porphyrartiges Ansehen erhält. Oft ist es rauhlich durch kleine Höhlungen. Es erscheint in einer Menge von Abänderungen.

Der Trachyt überhaupt gehört zu den jüngeren vulkanischen Gesteinen. An ihn schließen sich die trachytischen Laven der heutigen Epoche.

Der Porphyr, Felsit-Porphyr oder quarzführende Porphyr[2]) besteht hauptsächlich aus einer für das unbewaffnete Auge dicht und gleichartig erscheinenden Grundmasse von Felsit, d. h. einem innigen Gemenge von Feldspat und Quarz, welches sich besonders in Dünnschliffen unter dem Mikroskop deutlicher erkennen läßt.

[1]) Teil I. Gruppe XIV, 2.
[2]) Teil I. Gruppe III.

Darin liegen größere Krystalle von Quarz und Feldspat (Orthoklas und Plagioklas), auch wohl von Glimmer eingestreut.

Die Porphyre gehören zu den vulkanischen Ausbruchsgesteinen der mittleren geologischen Epochen, sind älter als die Trachyte und dürften auf dem Wege der langsamen Umbildung aus trachytischen Laven hervorgegangen sein. Andere Porphyre sind quarzfrei und bestehen fast ganz aus feinkörnigem Orthoklas.

Lava ist keine Bezeichnung eines bestimmten Gesteins, sondern bezeichnet jede vulkanische Masse, die in feurig-flüssigem Zustand aus einem Vulkane hervorbricht und abfließt. Es gibt namentlich basaltische und trachytische Laven. Eine Menge Laven aus älteren geologischen Epochen stellen infolge der inzwischen eingetretenen Umlagerung der kleinsten Teilchen und mannigfachen Stoffwechsels ganz andere Gesteine dar — wie namentlich Granit, Syenit, Diorit, Melaphyr, Serpentin, Porphyr u. s. w. Sie unterscheiden sich namentlich dadurch von den heutigen Laven, daß sie meistens Quarz als mehr oder minder häufig ausgeschiedenen Gemengteil führen.

Vulkanische Asche ist eine lockere staubartige Abänderung der Lava und wird häufig von thätigen Vulkanen ausgeworfen. Sie besteht aus feinen Krystallen und Krystallsplittern von Feldspat, Augit, Magnetit u. s. w., sowie aus feinen Scherben und Splittern von vulkanischem Glas.

Häufig gelangt die vulkanische Asche auch in neptunische Absätze — sei es unmittelbar aus dem Luftkreis niederfallend oder durch fließendes Wasser herabgeführt. Hierdurch entsteht eine Mittelstufe zwischen einer vulkanischen und einer neptunischen Bildung. Dies ist der vulkanische Tuff. Er kann sowohl auf Ebenen des Festlandes und in süßen Binnenseen als auch im Meere entstehen.

Es gibt auch vulkanische Tuffe aus älteren geologischen Epochen. Dieselben sind oft inzwischen stark umgewandelt worden und dann schwieriger zu deuten. So z. B. der in den älteren geschichteten Formationen eingelagerte Schalstein oder Diabas-Tuff. Er findet sich besonders im devonischen Schichtensystem als örtliche und untergeordnete Bildung, namentlich in Nassau.

II. Chemische Absätze aus Mineralquellen schließen sich den krystallinischen Gesteinen unmittelbar an.

Viele kohlensäurehaltige Mineralquellen oder Säuerlinge setzen, nachdem sie zu Tag getreten sind und ihren Gasgehalt zu verlieren begonnen haben, ansehnliche Lager von Kalk und meist mit etwas Eisenoxydhydrat ab.

Dahin gehört der Kalktuff oder Travertin. Es ist eine weiße oder gelbliche dichte Kalkmasse, die oft schwammig oder löcherig erscheint und gewöhnlich Pflanzenreste einschließt, z. B. Moose und Blätter.

Ein konzentrisch-schaliger Kalktuff ist der Sprudelstein[1]) von Karlsbad in Böhmen, er besteht aus Aragonit.

Eisen-Säuerlinge setzen hie und da Lager von Eisenocher oder Eisenoxydhydrat ab. So z. B. in der Umgebung des Laacher See's.

Der Kieseltuff oder Kieselsinter ist ein vorwiegend aus wasserhaltiger Kieselsäure — Kieselsäurehydrat oder Opal — bestehender Absatz heißer Quellen in vulkanischen Gegenden, z. B. auf Island. Das Gestein ist bald locker und erdig, bald dicht und fest, im ganzen ziemlich vielgestaltig.

III. Die Trümmergesteine entstehen durch Anhäufung und Verkittung einesteils von Bruchstücken älterer Gesteine, andernteils von feinen staubförmigen oder schlammartigen Zersetzungs-Ergebnissen derselben. Dahin gehören namentlich Kies und Gerölle, Sand und Thon, sowie mannigfache, mehr oder minder mit organischen Resten gemengte Absätze der Gewässer von verschiedenen Graden der Erhärtung.

Die meisten Lager der neptunischen Formationen bestehen aus solchen gröberen oder feineren Trümmergebilden. Sie sind meist geschichtet und heißen daher auch Schichtengesteine. Doch gibt es auch hier wieder Ausnahmen von der allgemeinen Regel, so sind Lehm und Löß gewöhnlich massige Lager ohne in die Augen fallende Schichtung.

Ältere Trümmergesteine sind meist im Verlaufe der langen geologischen Zeiträume mehr oder minder stark verändert worden, sei es durch eine seither stattgehabte Verschiebung der kleinsten Teilchen, sei es durch allmählichen Stoffwechsel unter Vermittelung des in den Felsen der Erdrinde umkreisenden Wassers. So sind erdige mit Muscheln und dergl. gemengte Kalkabsätze zu festem dichtem Kalkstein und bei noch tiefer eingreifender Umgestaltung zu krystallinisch-körnigem Kalk umgesetzt worden.

Andere Kalklager sind durch Einfluß von durchsickerndem mineralhaltigem Wasser eines Teiles ihres Kalkgehalts beraubt worden oder zu einem reichlichen Magnesia-Gehalt gelangt und dadurch zu krystallinisch-körnigem Dolomit oder Magnesiakalk geworden. So gehen überhaupt alle Trümmergesteine im Laufe langer Zeiten in krystallinische Bildungen über.

Die verschiedenen jüngeren und älteren Trümmergesteine lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten in besondere Gruppen ordnen. Eine bequeme Uebersicht gewährt die Unterscheidung thoniger, mergeliger, kalkiger und kieseliger Absätze oder Sedimente, die alle als staubförmige oder schlammartige Ablagerungen oder in Form von Sand und Gerölle beginnen, später erhärten und dann oft noch der krystallinischen Umbildung verfallen. Letzteres geschah und geschieht besonders dann, wenn ein Lager durch jüngere Bedeckung in größere Tiefe gerückt erscheint.

Zu den thonigen Gesteinen gehört besonders der Töpferthon oder plastische Thon, dann der Lehm oder Ziegelthon, ein feinsandiger Thon, ferner der Löß, ein mergeliger an Schalen von Landschnecken oft reicher Lehm.

In den mittleren Formationen erscheinen diese thonigen Gesteine erhärtet und gewöhnlich auch geschiefert. Dahin gehört z. B. der Schieferthon und der Brandschiefer, ein von bituminösen Substanzen erfüllter Schieferthon.

Noch stärker umgewandelt erscheinen die in den unteren Formationen eingelagerten thonigen Gesteine, wie der Thonschiefer, der Dachschiefer, der Grauwackenschiefer, der Alaunschiefer u. s. w. Von diesen gehen namentlich manche Thonschiefer durch allmähliche Mittelstufen in krystallinische Schiefer über, z. B. in Glimmerschiefer.

An die thonigen Gesteine schließen sich die mergeligen nahe an. Sie unterscheiden sich von ihnen nur durch eine reichlichere Beimengung von Calciumcarbonat. Dahin gehört der erdige Mergel, der dichte Mergel und der Mergelschiefer.

Ein bituminöser mit Kupfererzen gemengter Mergelschiefer ist der Kupferschiefer von Thüringen und Hessen.

Kalkige Gesteine entstehen teils durch Anhäufung von Trümmern älterer Kalklager, teils auch von Ueberresten kalkabscheidender Organismen. Letztere dürften die Hauptquelle für die Entstehung von Kalkabsätzen gewesen sein, der Vorgang ist aber nicht mehr in alle Einzelheiten zu verfolgen.

Besondere Trümmergesteine kann jedes krystallinische Gestein liefern. So z. B. der Granit und der Gneis. Sie zerfallen unter Einfluß von Luft und Wasser in losen granitischen Sand und Kies oder Grus. Aus ihm sind aber auch schon durch spätere Erhärtung feste granitische Sandsteine hervorgegangen, die zuweilen einem echten Granit sehr ähnlich sehen.

Das härteste und der Verwitterung am hartnäckigsten widerstehende Gesteins-Material ist der Quarz oder das

[1]) Teil I. Gruppe VI.

Kieselsäureanhydrid. Er sammelt sich daher im Verlauf der Wegführung durch fließendes Wasser und der Ablagerung auf Ebenen, in Binnenseen und Meeren häufig an und bildet hier Lager von Sand, Kies oder Grus (mit geringer Abrollung) und Gerölle (mit ganz abgeriebenen Bruchkanten).

Aus solchen losen Quarz-Ablagerungen entstanden dann auch im Verlaufe der geologischen Epochen durch Erhärtung eingestreuter Beimengung die verschiedenen Abänderungen von Sandstein, Konglomerat und Breccie. Ihr Bindemittel oder Zement ist sehr mannigfach. Es gibt Sandsteine mit kieseligem, thonigem, mergeligem, kalkigem und ocherigem Bindemittel. Es gibt auch kieselige (Quarz-) Sandsteine, die scheinbar in den zu den krystallinischen Gesteinen gerechneten körnigen Quarzfels übergehen.

IV. Wir wenden uns zu den aus organischen Resten zusammengesetzten Gesteinen. Sie können von Pflanzen und von Tieren aufgebaut sein. Ersteres ist namentlich der Fall bei den teils kohlenstoffreichen, teils fast aus reinem Kohlenstoff bestehenden Gesteinen Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit und Graphit.

Der Torf[1]) ist eine bald lockere, bald feste Anhäufung von abgestorbenen und in langsame Zersetzung übergegangenen Pflanzenresten und besteht hauptsächlich aus Humussubstanzen, deren elementare Zusammensetzung der des Holzes oder der Cellulose (Kohle-Hydrat) noch ziemlich nahe steht.

Der Torf entsteht durch die Vegetation in Sümpfen, sowie auch auf feuchten Stellen in Wiesen und Waldungen, wo nur immer stehendes Wasser sich das Jahr über erhält. Hierbei sind verschiedene Sumpfgewächse beteiligt, namentlich aber das von Jahr zu Jahr am Grunde absterbende und nach oben fortwachsende Torfmoos oder Sphagnum, sowie Gräser und Schilfrohre.

Braunkohle oder Lignit[2]) begreift eine sehr mannigfach geartete Anhäufung von Pflanzenresten als Lager in den mittleren und jüngeren Formationen. Sie nimmt eine mittlere Stellung zwischen Torf und Steinkohle ein. Es gibt erdige und lockere Braunkohlen, die gewissen Torfarten sehr nahe kommen. — Andere sind noch ganz holzartig und stellen braune bituminöse Hölzer dar. Dies ist der Lignit oder das bituminöse Holz.

Die Braunkohle ist schon etwas stärker zersetzt als der Torf. Sie ist gewöhnlich reicher an Kohlenstoff. Sie enthält noch viel an Humus-Substanzen, aber zugleich hat die Bildung bituminöser Substanzen zugenommen, welche namentlich durch den starken Geruch des Braunkohlenbrandes sich kund geben.

Manche Kohlenlager der mittleren geologischen Formationen bilden Mittelstufen zwischen Braunkohle und Steinkohle und erweisen die nahe Verwandtschaft beider Gebilde.

Die Steinkohle oder Schwarzkohle[3]) ist weiter in der Zersetzung vorgerückt als der Torf und die Braunkohle und dabei reicher an Kohlenstoff geworden.

Viele Steinkohlenlager verkünden noch durch Aushauchung von Kohlensäuregas und von brennbarem Kohlenwasserstoff-Gas oder Methan-Gas die im Schoße der Erde ununterbrochen fortgehende Zersetzung, als deren Ergebnis ein kohlenstoffreicherer Rückstand verbleibt. Dabei sind die Einschlüsse ehemaliger Pflanzenreste gewöhnlich bis zur letzten Spur verschwunden oder es ergeben nur noch Dünnschliffe unter dem Mikroskop die Ueberreste des Holzgewebes von Pflanzen.

Die Steinkohle überhaupt besteht vorwiegend aus Kohlenstoff, dem mehr oder minder viele bituminöse Substanz beigemengt ist. Der Gehalt an Humusstoffen ist im Verlaufe der Zersetzung verschwunden.

[1]) Teil I. Gruppe XIII.
[2]) Teil I. Gruppe XIII.
[3]) Teil I. Gruppe XIII.

Der Anthracit, auch Glanzkohle[1]) genannt, ist eine noch stärker umgewandelte Steinkohle, härter und schwerer verbrennbar als diese und reicher an Kohlenstoff infolge der Zersetzung des Bitumens. Er zeigt aber unter dem Mikroskop immer noch Spuren von Pflanzengewebe.

Während Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthracit in einander häufig übergehen, steht ein fünftes Kohlenstoffgestein, der Graphit,[2]) ganz vereinzelt. Es ist ein krystallinisch gewordener schuppenförmiger oder feinkörniger Kohlenstoff. Er erscheint als Lager im Gebiet von Gneis und Glimmerschiefer und zeigt von Pflanzengewebe keine Spur mehr, gilt übrigens auch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit als Umwandlung von Ablagerungen pflanzlicher Materialien.

Pflanzlicher Abkunft ist auch die aus einer fast reinen, aber wenig wasserhaltigen Kieselsäure bestehende Diatomeen-Erde, ehedem auch Infusorien-Erde genannt. Solche Lager entstehen in Sümpfen und Seen durch die Anhäufung der mit mikroskopisch kleinen Kieselschalen gepanzerten Algen oder Diatomeen. Man hat sie früher für Reste von Infusorien oder Aufgußtierchen gehalten; sie gehören aber dem Pflanzenreich an.

Polierschiefer ist eine mehr oder weniger stark umgewandelte Diatomeen-Erde im Gebiet der tertiären Formationen. Er ist zum Teil durch Auflösung und Wiederabsetzung der Kieselsäure zu opalartiger Substanz umgewandelt.

Tierischer Abkunft sind viele, wenn nicht die meisten Kalklager, aber die Zeugnisse ihrer Entstehung haben sich oft im Verlaufe der geologischen Epochen wieder verloren, wozu die im Schoße der Gebirge wandernden Gewässer mit einem Gehalt an Kohlensäure genug Anlaß geben konnten.

Kalkige Absatzgesteine erscheinen teils erdig wie die Kreide, teils dicht wie die verschiedenen Abänderungen des Kalksteins, z. B. der Kalkschiefer.

Die kalkigen Absätze gehen meist aus der Anhäufung der Reste kalkausscheidender Organismen hervor — die der Binnenseen aus Schalen von Muscheln und Schnecken und die des Meeres aus Muscheln, Schnecken, Korallen und aus Trümmern solcher. Sie erleiden im Verlauf längerer Zeiten manche Umgestaltungen. Das anfangs locker aufgehäufte Gestein wird dicht. In der Folge werden die eingeschlossenen organischen Reste undeutlich und verschwinden zuletzt ganz. Daran reihen sich dann Uebergänge in krystallinisch-körnigen Kalk — oder wo noch das die Felsen tränkende Wasser Kalk hinwegnahm oder Magnesia zuführte, in Dolomit.

Tierischer Abkunft ist auch der Guano oder der seit Jahrtausenden aufgehäufte Kot der Seevögel auf Inseln unter trockenem warmem Klima. Er ist mehr oder minder reich an phosphorsaurer Kalkerde und zeigt je nach seinem Alter verschiedene Grade der Umwandlung.

Physiographische Geologie.

Der physiographische[3]) Teil der Geologie oder die Naturbeschreibung der Erde, auch Geographie genannt, erörtert die Gestalt, Größe und Oberflächen-Beschaffenheit der Erde, ferner die Wärmeverhältnisse der Oberfläche und der uns zugänglichen Tiefe, auch das spezifische Gewicht unseres Planeten, endlich die Gestaltung und Tiefe des Meeres, auch wohl die Gestalt und Bewegung der Atmosphäre.

Bezüglich der Gestalt, des spezifischen Gewichts und der Temperaturverhältnisse der Erde von ihrer Oberfläche an bis ins Innerste ist bereits in der vorangehenden Geo-

[1]) Teil I. Gruppe XIII.
[2]) Teil I. Gruppe XIII.
[3]) Vom griechischen physis, die Natur und graphein, schreiben.

gonie das Wichtigste angegeben, soweit Untersuchungen darüber Aufschluß geben können. Während jedoch der Untersuchung der festen Erdrinde mit wachsender Tiefe ein verhältnismäßig rasches Ziel gesteckt wird, sind Festland und Meeresküste, Berg und Thal im allgemeinen der Erforschung weithin zugänglich und daher auch das Hauptfeld geologischer Forschung.

Hier treten drei Umhüllungen des heißen Erdinnerns in den Vordergrund.

Zunächst die feste Erdkruste oder Lithosphäre, deren höherer Teil Festland und Inseln darstellt — darüber in Vertiefungen angesammelt die Wasserbedeckung, namentlich das Meer. Beide umhüllt der Luftkreis oder die Atmosphäre als bewegliche äußerste Schichte, deren Grenze gegen den leeren Weltraum wir nicht genau festzustellen vermögen.

Das Festland ragt in mehreren großen und zahlreichen kleineren Stücken aus der überwiegenden Meeresbedeckung hervor. Am reichlichsten ist es auf der nördlichen Halbkugel vertreten. Ueber ²/₃ der gesamten Festland-Oberfläche kommen auf diese Erdhälfte und aus ihr reichen Fortsetzungen mit verdünnten Umrissen auf die südliche über.

Vereist und unzugänglich sind die beiden Polarregionen. Man weiß nicht, ob der Nordpol und der Südpol festes Land oder zu ewigem Eis erstarrtes Meer sind.

Die größte absolute Höhe der Erdoberfläche besitzt — nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse — der Mount Everest oder Gaurisankar im Himalaya (an der Grenze von Nepal und Tibet) mit 8839 Meter (27,212 Pariser Fuß). Der Dhawalagiri, den man vordem als den höchsten Berg der Erde betrachtete, erreicht nur 7955 Meter Meereshöhe.

Die mittlere Höhe des gesamten Festlandes berechnete Humboldt zu beiläufig 300 Metern. Neuere Berechnungen ergeben etwa 440 Meter.

Das Meer oder der Ozean ist das vielgegliederte allgemeine Sammelbecken aller von den Festländern herabströmenden Gewässer und erneuert durch Dampf, Wolken und Regen ununterbrochen deren Lauf — wobei sich nach allem Vermuten allmählich und unmerklich sein Salzgehalt vermehrt. Es nimmt ³/₄ — wenn nicht noch mehr — von der Oberfläche des Erdballes ein und zeigt Tiefen, die der Höhe der bedeutendsten Berggipfel des Festlandes nur wenig nachstehen.

Bei dem Meere hat man die seichten Küstenstrecken und die tiefen Meeresbecken zu unterscheiden.

Die seichten Küstenstrecken schließen sich meist innig dem Rande der Festländer an und verhalten sich als untermeerische Fortsetzungen derselben. Diese verkünden sich gewöhnlich dann auch durch Gestade-Inseln, wie die der Nordseeküste. Dann beginnt erst das eigentliche Meeresbecken mit steil abfallendem Rand — wahrscheinlich als eingesunkener Teil der Erdkruste.

Die mittlere Tiefe des Meeres wird auf etwa 3500 Meter geschätzt. Die größte bis jetzt ermittelte Meerestiefe liegt im nördlichen Teil des stillen Ozeans und beträgt 8513 Meter — also ein paar hundert Meter weniger als die Höhe des höchsten Gipfels des Himalayas. Dazu kommt eine Tiefe von 7086 Meter im nördlichen Teil des atlantischen Meeres.

Die dynamische Geologie

handelt von den Kräften, [1]) die bei der ursprünglichen Bildung der Gesteine, welche die feste Erdrinde darstellen, maßgebend waren, dann die Gestaltung der Erdrinde und die Beschaffenheit der Gesteine mannigfach umänderten, endlich auch heute noch an der Oberfläche und in der Tiefe wirken und weiter umformen.

[1]) Griechisch dynamis, die Kraft.

Ihr Hauptsatz ist die Behauptung, daß die Kräfte sich ewig gleich bleiben und nur die Stärke ihrer Wirkungen nach den Umständen abändert — eine Annahme, deren Richtigkeit sich selbst für weit abgelegene Epochen der Erdgeschichte erweisen läßt — wie z. B. die Anpassung des Auges der ältesten Trilobiten an dieselben Gesetze des Lichtes, wie sie heute noch wirksam sind, zeigt.

Die dynamische Geologie begreift eine Reihe von besonderen Gebieten, namentlich das des Vulkanismus — dann die Thätigkeit des Wassers, sowie die der Luft und die des organischen Lebens.

Wir beginnen mit dem Vulkanismus und den übrigen Beziehungen zwischen dem glühendheißen Erdinnern und der abgekühlten Erdoberfläche.

Die vulkanische Thätigkeit, die sich zunächst in Erschütterungen und Zerklüftungen des Felsbodens, dann in Ausbrüchen geschmolzener und in Ausschleuderungen zerstäubter Massen offenbart, dürfte nach neueren Ansichten über der mittleren Schale des Erdballs oder der sogen. Olivin-Zone ihren Sitz haben, wie oben Seite 3 bereits angegeben wurde.

Alexander von Humboldt deutete den Vulkanismus — im weitesten Sinne des Wortes — als Reaktion des Erdinnern gegen die Oberfläche.

Mancherlei neuere Betrachtungen führen indessen eher dahin, anzunehmen, daß die vulkanischen Erscheinungen durch die Einwirkung der peripherischen Massen des Erdballs gegen die mittlere Schale des Erdinnern — oder die sogen. Olivin-Zone — bedingt werden und von dieser erst gegen die Erdoberfläche erfolgen.

Vulkane sind mehr oder minder lange Zeit hindurch andauernde, bald nur ein einzigesmal wirksame, bald in gewissen periodischen Fristen wieder hergestellte kanalförmige Verbindungen des Erdinnern — genauer gesagt, der tieferen Region der Erdrinde — mit der Erdoberfläche, die gewöhnlich an ihrem Ausgang einen Berg oder Hügel um sich aufschütten. So erreicht der Cotopaxi in den Anden eine Höhe von 5943 Meter.

Die hervortretendste Thätigkeit der Vulkane besteht in der Emportreibung von feurigflüssigem Gestein oder Lava, die gewöhnlich von einer Entweichung einer großen Menge von Wasserdampf begleitet erscheint.

Der gewöhnliche Weg der Lava ist der Krater oder Schlund des Vulkans, der aber nur während der eigentlichen Thätigkeit desselben offen steht. In anderen Fällen brechen die Abhänge der Vulkankegel in Spalten auf und nehmen die Laven dann durch letztere ihren Weg.

Bisweilen ist der Betrag der von einem einzigen Vulkanausbruch zu Tage geförderten Lava sehr beträchtlich. So z. B. ergossen sich auf Island i. J. 1783 zwei Lavenströme, deren einer eine Länge von mehr als 80 Kilometer erreichte.

Der Herd der vulkanischen Thätigkeit wird von vielen Geologen auf etwa 66 000 bis 70 000 Meter Tiefe veranschlagt, wo dann eine Temperatur von 2000° C. herrschen dürfte und die meisten unserer krystallinischen Gesteinsmassen schmelzen müßten. Doch beruht dieser Betrag nur auf einer ungefähren Abschätzung. Andere Geologen vertreten in dieser Hinsicht andere Meinungen. Wir wissen, wie von der Zusammensetzung des Erdinnern überhaupt, so auch von der Tiefe des vulkanischen Herdes nur weniges mit einiger Sicherheit. Jedenfalls aber ist der Vulkanismus eine der wichtigsten und ältesten Erscheinungen in der Geschichte der Erde.

Während der mannigfachsten Vorgänge von Zerreißung der Erdrinde, Hebungen und Senkungen dauerte im Verlaufe der geologischen Epochen die vulkanische Thätigkeit — bald hier bald da hervortauchend und eine Zeit lang mit Heftigkeit wirksam — ununterbrochen fort und häufte Laven und Aschen um die Ausbruchs-Oeffnungen an.

Sie scheint bald für jeden einzelnen Fall nur auf einer örtlich vorübergehenden Kommunikation zwischen der Erdoberfläche und der hocherhitzten Mittelschale des Erdinnern zu beruhen. Sie kann sich aber auch periodisch — nach längeren oder kürzeren Unterbrechungen — an einer günstig gearteten Stelle wiederholen.

Die vulkanische Thätigkeit hat auch seit den ältesten Zeiten zahlreiche Berge und einzelne größere Gebirge hervorgebracht, indem sie bald mehr glühend-flüssige Laven ausgoß, bald Gesteinsbrocken und Aschen um die Ausbruchs-Öffnung aufschüttete.

Sie scheint dabei vorwaltend auf die Mitwirkung vom Meereswasser angewiesen zu sein. Vulkane sind wenigstens bei weitem häufiger an den Meeresküsten, auf Inseln, sowie auch auf dem Meeresboden, als im Innern der großen Festländer. Diese sind dagegen oft reich an älteren längst erloschenen Ausbruchstätten. Reich an solchen sind z. B. die Eifel und die Auvergne.

Die Zahl der heute noch thätigen feuerspeienden Berge ist schwer abzuschätzen. Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts haben 139 derselben Ausbrüche gehabt.

Davon kommen die meisten auf den großen Ozean, bilden Inseln oder liegen nahe der Meeresküste.

Sie erscheinen bald gruppenweise beisammen und heißen dann Zentral-Vulkane. Zu ihnen gehören die von Island mit dem Hekla. Andere Vulkane stehen zu mehreren in einer mehr oder minder ausgesprochenen Reihe und heißen darnach Reihen-Vulkane. Dahin gehören die Vulkane der Anden. Diese Reihen scheinen der äußere Ausdruck einer mächtigen in große Tiefen niedergehenden Spalte zu sein, welche überhaupt für die Gestaltung eines großen Teils von Südamerika maßgebend gewesen sein mag.

Das Meer ist der Hauptförderer des Vulkanismus. Doch dürften auch große Binnenseen im Innern der Kontinente eine ähnliche Rolle spielen.

Sehr lehrreich für das Verständnis des Aufbaues der Vulkane überhaupt ist ein Durchschnitt durch den Vesuv, Tafel II, Fig. G.

Unser Bild zeigt im Umkreis des eigentlichen heute noch thätigen Vulkans die Ruine des weiteren Kraters eines älteren Vulkans, der Somma, der jetzt nur einen Halbkreis darstellt. Er besteht aus Leucit-Lava oder Leucithophyr über einer Schwelle von trachytischen Tuffen. Durch diesen älteren Krater ist der eigentliche jüngere Vesuv emporgestiegen, der wahrscheinlich erst im Jahre 79 n. Chr. bei dem berühmten Ausbruche, der Herkulanum und Pompeji verschüttete, entstanden ist. Er besteht aus Laven, Schlacken und Aschen von leucitischem Gestein in mannigfachem Wechsel. Bänke fester Lava wechseln mit Lager von verkitteten Schlacken und Asche.

Solche Vulkane, deren Kegel wie die Somma und der Vesuv aus abwechselnden Lagen oder Schichten von ausgeworfenen und von ausgeflossenem Material bestehen, heißen geschichtete oder Strato-Vulkane.

Ihnen gegenüber stehen jene Vulkane, deren Kegel nur aus massivem Gestein besteht und nur einem einzigen Ausbruch seine Entstehung verdankt. Der Ausbruch war hier entweder gar nicht von Schuttauswürfen begleitet oder dieselben waren nur unbeträchtlich.

Erdbeben sind plötzliche Erschütterungen oder gleichsam Zuckungen der festen Erdrinde, die sich gewöhnlich im Verlauf kurzer Zeiträume mehrmals wiederholen. Man kann annehmen, daß sie fortwährend — bald hier bald da — erbebt, gewöhnlich nur sehr schwach, seltener mit Heftigkeit.

Manche Erdbeben sind über einen ansehnlichen Teil der Erdoberfläche verbreitet. So berichtet man vom Erdbeben von Lissabon (1. Nov. 1755), daß es nicht nur viele Städte in Marokko zerstörte, sondern auch noch in Skandinavien, in Massachusetts und auf den kleinen Antillen wahrgenommen wurde. Die Thermen von Teplitz in Böhmen erlitten damals eine vorübergehende Störung. Die meisten Erdbeben sind aber auf kleinere Gebiete beschränkt.

Das Verbreitungsgebiet der Erdbeben ist meist annähernd kreisförmig mit radial abnehmender Heftigkeit. Andere stellen ein langgestrecktes Band dar, wie dies namentlich öfter in den Anden von Südamerika vorkommt.

Die Richtung der Erdbeben zeigt einige Verschiedenheiten, doch haben sie alle das miteinander gemeinsam, daß sie ihre Ursache in mehr oder minder großer Tiefe unter der Oberfläche haben. Manche Erdbeben lassen senkrechte Stöße von unten gegen oben erkennen. Diese wirken oft sehr verheerend, wie das z. B. bei dem heftigen Erdbeben von Calabrien im Jahr 1783 in ausgezeichneter Weise der Fall war. Auch drehende oder wirbelnde Bewegungen sind hie und da bei Erderschütterungen schon beobachtet worden.

Die meisten Erdbeben äußern sich durch eine wellenförmige Bewegung, der Boden schwankt dabei zuweilen wie ein vom Sturm bewegtes Meer. Am verheerendsten wirken wellenförmige Erdbeben, wenn mehrere Wellen sich kreuzen und zu einer wirbelnden Bewegung zusammentreten.

Die Erdbeben überhaupt gehören zu den gewaltigsten Naturereignissen, welche auf den äußeren Bau der Erdrinde verändernd einwirken. Heftige Erdbeben erschüttern Berge und Felswände. Mächtige Felsmassen und Schuttlager lösen sich von den Abhängen und gehen in die Thäler nieder, wo sie dann Stauungen des fließenden Wassers hervorbringen können.

Häufig entstehen dabei Spalten von verschiedener Länge und Breite im Erdboden. Entstehen sie in festem Gestein, so können sie längere Zeit sichtbar bleiben. Man hat deren bis zu einer Länge von mehreren Kilometern beobachtet. Zuweilen ist die Zerspaltung des Bodens mit einer Hebung oder Senkung der einen Seite verbunden.

In Verbindung mit der von heftigen Erdbeben hervorgebrachten Zerreißungen des Bodens erscheinen zuweilen auch gewaltsame Ausbrüche von Gasen, Wasser und Schlamm. Sie sind aber bloße gelegentliche Nebenerscheinungen, die von vorübergehendem örtlichem Druck herrühren.

Die Ursache der Erdbeben liegt mehr oder weniger tief unter der Erdoberfläche an Stellen, die unserer Wahrnehmung unzugänglich sind. Sie ist daher auch noch mehr oder weniger rätselhaft. Als sicher kann man annehmen, daß es mehr als eine einzige Ursache der Erdbeben gibt.

Erstlich gibt es Erdbeben, welche die Ausbrüche der Vulkane begleiten. Ihr Ausgangspunkt ist immer der vulkanische Schlot. Von ihm strahlen die Stöße aus.

Andere Erdbeben stehen nicht nachweisbar mit vulkanischen Ausbrüchen in Verbindung. Man betrachtet sie daher als Ausgleichung von Spannungen, die in der tieferen Erdrinde im Verlaufe von Seitendruck und Faltung oder Zerreißung der Felsmassen erfolgen. Die Ausgleichung jener Spannungen kann dann mit mehr oder minder großer Heftigkeit sich vollziehen. Hierher zählen die meisten Erdbeben in Deutschland, England, Frankreich und den Alpenländern.

Man kann endlich auch annehmen, daß zuweilen kleinere örtliche Erdbeben infolge des Einsturzes größerer Hohlräume der tieferen Erdrinde entstehen. Dies kann am leichtesten an Stellen, wo salz- und gypsführende Formationen lagern, vorkommen. Auch hat man kleinere Erdbeben schon auf Rechnung der auslaugenden Thätigkeit von Mineralquellen gesetzt.

Sowohl die geschichteten Ablagerungen als die massigen Gesteine sind mehr oder minder durch schmalere oder breitere Risse in ihrem Zusammenhang unterbrochen.

Diese Risse, die wir auch Spalten oder Klüfte nennen, teilen die Gesteine bisweilen in auffallend regelmäßige Stücke, z. B. manche Sandsteine in Quader und manche Basalte in Säulen. Die einfachste Entstehungsweise der Zerklüftung ist in der Zusammenziehung der Gesteine im Verlaufe ihrer Erhärtung und weiterer Umbildung zu erblicken.

Es gibt aber auch Klüfte von größerer Ausdehnung, die offenbar von heftigen Bewegungen der festen Erdrinde herrühren, z. B. von Faltungen, Hebungen oder Senkungen derselben. Die durch sie getrennten Gebirgsteile sind dann oft in ihrer gegenseitigen Lage verrückt. Man sagt dann, sie sind verworfen und nennt den Riß eine Verwerfungs-Kluft. Diese sind oft sehr beträchtlich und manche lassen sich mehrere Meilen weit verfolgen. Dem Bergbaubetrieb bieten sie zuweilen große Hindernisse.

Die Ausfüllung der Klüfte kann sehr verschiedener Art sein. Manche Klüfte sind von Gesteinsschutt, Thon u. dergl. ausgefüllt. Ihr Material stammt von den Seitenwänden oder von oben.

In vielen anderen Fällen zeigen sich die Klüfte von eruptiven, in feurigem Flusse aus der Tiefe empor getriebenen Laven oder Porphyren, Graniten u. s. w. eingenommen. Diese sind also von unten her ausgefüllt.

Endlich zeigen eine Menge von Klüften Absätze krystallisierter Mineralien, z. B. von Quarz, Kalkspat, Flußspat, Schwerspat u. a. zusammen mit mancherlei Erzarten, z. B. Bleiglanz, Kupferkies, Eisenspat, Zinkblende u. s. w.

Dies sind die erzführenden Gänge, die besonders in den älteren Formationen, namentlich im krystallinischen Schiefergebirg wie auch noch im silurischen und im devonischen System aufsetzen und seit langer Zeit Hauptgegenstand des Bergbaues sind.

Sie stellen sich als mehr oder minder mächtige, bald einfach plattenförmige, bald aus mehreren parallelen mehr oder minder paarigen Platten zusammengesetzte Mineralmassen dar. Der letztere Fall ist oft in großer Regelmäßigkeit ausgebildet und alsdann wiederholt sich jede Lage an der ihr eigentümlichen Stelle bis auf die mittelste Lage, die unpaarig verbleibt und sich als der jüngste Absatz erweist. Dabei wiederholt sich nicht selten auch die gleiche Reihenfolge der Absätze in Erzgängen weit entlegener Gegenden.

Die Entstehung derselben hat viel Rätselhaftes und verschiedene Hypothesen sind zu ihrer Aufhellung aufgeboten worden. In neuerer Zeit setzt man die Mineral-Absätze in Gängen vorzugsweise auf Rechnung der bald auflösenden bald absetzenden Thätigkeit des im Innern der Erdrinde sich bewegenden Wassers, zumal bei wärmerer Temperatur, sowie bei Mitwirkung von Kohlensäure u. s. w.

In der That kommen auch in fossilführenden unzweifelhaft von Gewässern abgesetzten Gesteinslagern, ja sogar im Innern von Konchylien und andern Versteinerungen mancherlei krystallisierte Mineralien vor, wie man sie sonst auf Erzgängen anzutreffen gewohnt ist. So kann man z. B. an manchen Stellen im mittleren Lias von Schwaben — wie Quenstedt hervorhebt, keinen Ammoniten (Ammonites amaltheus) zerschlagen, worin nicht Krystalle von Kalkspat, Braunspat, Schwefelkies, Cölestin, Blende u. s. w. ausgeschieden wären. Diese alle sind durch eine langsame Einseihung von mineralhaltiger Flüssigkeit entstanden — ähnlich wie man dies auch von den Mineralien auf Erzlagerstätten anzunehmen Grund hat.

Sämtliche Elemente der Erdrinde befinden sich in einer bald fortwährenden und zum Teil lebhaft in die Augen fallenden, bald wieder durch lange Pausen unterbrochenen Wanderung.

Am ausgesprochendsten ist von ihnen der Kreislauf des Wassers. Das Meereswasser läßt sich in chemischer Hinsicht mit einem durch Abdampfung konzentrierten Flußwasser vergleichen, dessen Salzgehalt in allmähliger Anreicherung begriffen ist. Das Meer ist gleichsam ein großes dampfendes Wasserbecken.

Aus ihm geht das Wasser zunächst in Dampfform in die Atmospäre über. Es fällt aus dieser dann als destilliertes Wasser — nämlich als Regen und Schnee — auf die Erde, dringt in lockere Bodenschichten und in zerklüftetes Gestein ein und laugt diese aus. Es kehrt dann durch zahllose Quellen, Bäche und Ströme, die ausgeführten Materien in sich tragend in das Meer zurück, dessen Mineralgehalt um einen neuen Grad vermehrend, dieser Vorgang wiederholt sich in unaufhörlichem Kreislaufe, dessen eine Hälfte auch die löslichen Mineralsubstanzen mitmachen.

Atmosphärilien, fließendes Wasser und Gletscher nagen ununterbrochen die ihnen ausgesetzten Oberflächen der festen Felsmassen wie auch oft der jüngeren kaum erst abgelagerten Absätze an und führen ihre Trümmer den Niederungen, den Seen und dem Meere zu, wo diese sich zu neuen Bodenschichten anhäufen. Jene zerstörenden Gewalten streben ununterbrochen die Berge zu erniedern, die Tiefen auszufüllen, die Erdoberfläche überhaupt auszuebnen.

Der Vorgang ist sehr vielgestaltig. Der Sauerstoff der Atmosphäre und das Regenwasser mit seinem Gehalt an Kohlensäure greifen die Felsmassen chemisch an und lockern dabei allmählig deren Zusammenhang.

Dann macht sich der Wechsel zwischen Trockenheit und Nässe, sowie zwischen Wärme und Frost geltend und wirkt auf die Gesteine auflockernd, oder wo der Frost unter den Gefrierpunkt sinkt, selbst gewaltsam sprengend.

Schließlich vereinigen sich Regenwasser und Quellwasser bergabfließend zu Bächen, Flüssen und Strömen, und mannigfach ist deren felszerstörende Thätigkeit sowohl mit ihrem Anprall schon, als auch und noch mehr durch die annagende Gewalt der ihnen folgenden Gerölle und Blöcke.

Wo Hochgebirge zur Schneegrenze oder noch darüber ansteigen, pflegen sich Gletscher zu bilden und durch die Thäler Ströme von halbvereistem Schnee herabzusenden. Diese bringen große Mengen von Schutt und Blöcken mit sich und lagern diese demnächst teils zur Seite, teils vor ihrer Stirn ab. Zugleich fegen sie die Wände und den Boden der Thäler, durch die sie ihren Weg nehmen, glatt ab und hinterlassen hier, sobald sie zurückschmelzen, glatte und geritzte Felsflächen.

Das alles trägt dazu bei, langsam aber unwiderstehlich die Berge und Bergketten abzutragen. Bald nimmt ihre Höhe ab, bald reißen die abfließenden Gewässer tiefe Schluchten in ihre Abhänge ein und dringen — rückwärts vorgehend — immer weiter ein in ihr bis dahin der Zerstörung unzugänglich verbliebenes Innere, so daß das Gebirge mehr und mehr als Ruine von dem erscheint, was es ursprünglich war.

Man hat daher allen Grund zur Vermutung, viele heutige Gebirge seien in älterer Zeit viel höher gewesen als sie derzeit erscheinen und hätten große Beträge ihrer früheren Masse im Verlauf der Verwitterung und Abnagung eingebüßt, ohne Ersatz zu erhalten.

In anderen Fällen konnte ein Gebirg allerdings auch durch allmählich fortdauernde Hebung so viel an Höhe zunehmen, als es durch gleichzeitige Oberflächen-Zerstörung verlor.

Ein oftgenanntes Beispiel der ausnagenden Thätigkeit der großen Flüsse ergibt der Wasserfall des Niagara-Stromes zwisches Erie-See und Ontario-See. Taf. II., Fig. H.

Er schreitet — nach mehrjährigen Beobachtungen — jährlich etwa 1/3 Meter rückwärts, indem seine mit Heftigkeit niederstürzende Wassermasse eine am Fuße gelegene Schicht von ziemlich lockeren Schiefern stark annagt und in weiterer Folge die darüber gelagerten Schichten von festerem Kalkstein abbröckelt.

Dies findet dermalen etwa in der Hälfte des Weges zwischen beiden Seen statt. Der Vorgang ist aber offenbar schon lange in Thätigkeit und der Wasserfall muß in älterer Zeit einmal nahe über der ebenen Fläche des Ontario-Sees gelegen haben. Man hat auf diese Ausgangspunkte eine Berechnung der Dauer des Zurückweichens versucht.

Die Schlucht zwischen der heutigen Stelle des Wasserfalles und dem Oberrande der Ontario-Ebene hat eine Länge von 12,000 Meter (1½ deutsche Meilen). Nimmt man nun den jährlichen Rückzug zu 0,33 Meter an, so ergibt die Rechnung für die Bildungszeit der Schlucht — also für das Zurückweichen des Falles bis zu seiner heutigen Stelle — die Summe von 36,000 Jahren.

Wenn diese Rechnung sich auch nicht auf völlig genaue Elemente stützt, so genügt sie doch als Beispiel für die lange Zeit, welche die Ausnagung eines felsigen Thales durch fließendes Wasser in Anspruch nimmt. Thäler in festem Granit mögen oft noch viel längere Zeiten erfordert haben.

Das Meer verschlingt hie und da beträchtliche Ränder der Kontinente und Inseln, am meisten dort, wo der Unterschied zwischen Ebbe und Flut den höchsten Betrag erreicht oder wenn der Sturm die Wogen wider den Strand wirft.

Es setzt mächtige Felsblöcke in Bewegung und nagt felsige Strandlinien an, indem es die Schwelle der Felsen untergräbt und die höheren Teile derselben zum nachstürzen bringt. Es trägt auch sandig schlammige Küstenstrecken oft weithin ab. So namentlich, so weit als die überlieferte Geschichte zurückreicht, an der deutschen Nordseeküste, wie auch an der holländischen und an der Süd- und Ostküste von England.

Während ununterbrochen der Einfluß des Wassers und der Atmosphärilien die festen Felsgebilde annagt und zur Ablagerung neuer Schichten in Niederungen und auf dem Boden der Seen und des Meeres führt, dauert auch die chemische Einwirkung des Wassers, welches gewöhnlich noch durch einen kleinen Gehalt an Kohlensäure unterstützt wird, auf die Gesteinsmassen sowohl der Oberfläche als auch der größeren Tiefen langsam und gewöhnlich fast unbemerkbar fort.

Das Regenwasser, mit einem Gehalt an Kohlensäure aus der Atmosphäre niedergehend, bringt in lockeren Boden und in zerklüftete Felsmassen ein, erreicht größere oder geringere Tiefen und tritt, wo ihm Niederungen und Thäler den Weg eröffnen, als Quellen wieder hervor.

Vieles Quellwasser ist in auffallender Weise mineralhaltig, fast nie ist es frei von Chlornatrium oder Kochsalz, bisweilen ist es reich an einer größeren Reihe von Salzarten. Hiermit stellt sich ein allmähliger Uebergang von gewöhnlichem Quellwasser in ausgezeichnetes Mineralwasser ein.

Manche solcher Quellen, die mittelst eines namhaften Gehalts an Kohlensäure eine entsprechende Menge von kohlensaurem Kalk, kohlensaurer Magnesia, kohlensaurem Eisenoxydul u. s. w. gelöst haben, scheiden bald nach ihrem Hervortreten den größten Teil dieses Mineralgehaltes wieder ab. Es entsteht dadurch namentlich der Kalktuff oder Travertin. Diese Transportierung von Mineralsubstanzen durch Quellwasser läßt uns bereits einen Blick in die chemischen Vorgänge und den Wechsel der Bestandteile thun, der im Schoße der Gebirge und überhaupt in größeren Tiefen vorgeht und die älteren Gesteine allmählig umgestaltete.

Die Quellen zeigen verschiedene Wärme. Während die Mehrzahl derselben der mittleren Jahrestemperatur der Gegend entsprechen, zeigen andere, namentlich die an Kohlensäure reichen Quellen, höhere Grade und gehen in einzelnen Fällen bis zum Siedepunkt des Wassers. Diese wärmeren Quellen, welche über die mittlere Jahrestemperatur sich erheben, heißen Thermen. (Die heißeste derselben in Deutschland ist die schwefelhaltige Therme von Burtscheid bei Aachen mit 77° C.)

Sie stammen aus größeren wärmeren Tiefen der Erdrinde. Ihr häufig sehr beträchtlicher Mineralgehalt deutet auf die Lebhaftigkeit der in eben diesen Tiefen vor sich gehenden Gesteins-Umwandlung oder Metamorphose. Die daraus aufsteigenden mineralhaltigen Quellen sind gleichsam die überflüssige Lauge, die aus einer ausgedehnten chemischen Werkstätte als Nebenerzeugnis abfällt.

Da die Zunahme der Wärme mit der Tiefe durchschnittlich auf je 33 Meter einen Grad Celsius beträgt [1]) so läßt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit schließen, daß der Herd der hochgradigen Thermen, die am Ausflusse trotz ihrer inzwischen erlittenen Abkühlung, immer noch dem Siedepunkt nahe kommen, in einer Tiefe von beiläufig 3000 bis 3300 Metern liegen mag. Solche hochgradige Thermen finden sich auch besonders häufig in vulkanischen Gegenden.

Es gibt endlich noch hin und wieder Thermen, die kaum eine Spur von Mineralgehalt wahrnehmen lassen. So die von Gastein und die von Pfäffers. Man kann von ihnen annehmen, daß sie ausnahmsweise solche Regionen der Tiefe durchziehen, die keine löslichen Bestandteile abgeben — oder daß sie durch thätige Werkstätten der Gesteinsumwandlung ihren Weg nehmen und hier ihres anfänglichen Mineralgehalts teilweise wieder beraubt werden.

Architektonik der Erde.

Der architektonische [2]) Teil der Geologie auch Geotektonik genannt, zeigt den Aufbau — die Konstruktion — der festen Erdrinde aus den verschiedenen Gesteinen, also namentlich die Folge der Schichten und Lager, sowie deren nachträgliche Störung, ferner die Durchbrechung derselben durch die aus der Tiefe emporsteigenden vulkanischen Gesteine und die in Felsklüften abgeschiedenen Mineralien und Erze.

Der Einblick in diesen Aufbau ist uns nur auf verhältnismäßig kleinen Gebieten eröffnet. Das Meer und die Binnenseen verdecken ⅔, wenn nicht ¾ der Erdoberfläche. Starke Kälte, Eis und Schnee verhindern die Erreichung der beiden Pole unseres Planeten. Geschlossener Pflanzenwuchs erschwert in anderen Gegenden die Erforschung des Erdbodens. Namentlich verdecken aber über große Strecken des Festlandes jüngere Absätze, besonders Dammerde, Lehm und Sand alle älteren Gesteine.

Gleichwohl bleiben immer noch zahlreiche Stellen, an welchen natürliche Entblößungen der festen Erdrinde genügenden Einblick in deren Gesteins-Zusammensetzung und Lagerung gewähren und über die Lücken ein mehr oder minder begründetes Urteil zulassen.

Dahin gehören namentlich schroff abfallende Küsten des Meeres, an denen die Brandung nagt — dann die von Hochwassern blosgelegten Steilufer der Flüsse, endlich mancherlei Wassereinrisse, Thäler und Schluchten, seltener auch Erdabrutschungen und Felsstürze.

Andere Einblicke in den Aufbau der festen Erdrinde gewähren Arbeiten von Menschenhand. So die Schächte und Stollen der Bergwerke, ferner Tiefbohrungen, Steinbrüche, endlich Straßen-, Eisenbahn- und Kanal-Anlagen u. s. w. Dies alles trägt bald hier bald da dazu bei, unsere Kenntnisse vom Bau und der Gliederung der festen Hülle unseres Planeten zu erweitern. Aber vollständig wird diese Kenntnis nie werden, namentlich gegen die Tiefe zu, wo Zunahme der Wärme, Wasserzudrang und Abnahme der Atemluft dem weiteren Eindringen des Menschen ein verhältnismäßig frühes Ziel stecken.

Der Boden des Meeres ist uns gleichfalls so gut wie ganz unzugänglich, doch haben in den letzten Jahren eine Reihe von Tiefenmessungen auch darüber einiges und zum Theil unerwartetes Licht verbreitet und gewisse neue Ausgangspunkte zur Ermittelung des Aufbaues der Erdrinde kennen gelehrt.

[1]) Oben Seite 11.

[2]) Vom griechischen architektonia, Baukunst.

Im allgemeinen treten die Gesteine, welche beim Aufbau der Erdrinde beteiligt sind, je nachdem sie geschichtet oder massig sind, auch in bezug auf ihre Rolle in diesem Aufbau in Gegensatz. Schon im ersten Entstehen pflegen geschichtete Gesteine tangential oder konzentrisch zum Erdball sich abzulagern, wogegen die massigen Gesteine vorwiegend in radialer Weise sich einschalten und gewöhnlich auch der ersteren Zusammenhang unterbrechen, indem sie auf Spalten, welche ältere Gebilde durchsetzen, aus der Tiefe aufsteigen.

Die Schichtung beruht auf der Ablagerung des lockeren oder losen Gesteinsmaterials nach dem Gesetze der Schwere und zugleich auch mehr oder minder auf den dazwischen fallenden Störungen der Gleichmäßigkeit eben jenes Ablagerungs-Vorganges durch einen andern Vorgang, z. B. Wind, Regen, Flußanschwellungen, vulkanische Thätigkeit u. s. w.

Durch den aus der Störung der Ablagerung hervorgegangenen Gegensatz wird dann die besondere Schichte bezeichnet, z. B. ein stehendes Gewässer setzt Schlamm ab, den ihm einmündende Bäche zuführen. Von Zeit zu Zeit aber erheben sich Winde und führen der Ablagerung des Schlammes Blätter und andere Pflanzen-Bruchstücke zu. Diese gelegentliche Zufuhr eines anders gearteten Materials bezeichnet dann besondere Schichten; Blätterführende und gewöhnliche Schichten wechseln in entsprechender Weise ab. Hiermit begründet sich dann auch die Bedeutung der Schichte als Zeitmaß.

Jede Schicht läßt sich darnach als materieller Ausdruck einer gewissen verflossenen Zeit auffassen.

Eine Reihenfolge von mehr oder minder gleichförmig abgelagerten Schichten — oder eine Anzahl von verschiedenen aber verhältnismäßig einander noch nahe stehenden Reihenfolgen — faßt man als Stufe oder Etage und dann wieder mehrere solcher Stufen als eine Formation zusammen. Die zeitliche Auffassung der Formation ist die Epoche.

Weithin kann man auch mehrere Formationen als ein System zusammenfassen. Mehrere Epochen bilden dann zusammen eine Periode. Uebrigens hat sich der Sprachgebrauch in dieser Hinsicht noch nicht genügend festgestellt.

Zum Verständnis der Sedimente und Formationen gehören noch folgende Einzelheiten von Bau und Bildungsweise.

Wahrscheinlich finden sich nirgends auf Erden sämtliche Sedimente und Formationen über einander gelagert. Soweit wir es in dem unserer Forschung offen liegenden Teile der Erdrinde wahrnehmen können, wissen wir, daß die Sedimente jeder geologischen Formation örtlich abgegrenzt sind. Einerseits war dies teilweise schon bei ihrer Ablagerung der Fall. Andererseits nahm nachträglich noch die Ausdehnung zahlreicher Sedimente durch Abtragung ihrer Ränder ab, z. B. wo eine ältere Ablagerung in die Brandung des Meeres geriet und von ihr wieder zerkleinert und in die Tiefe verschwemmt wurde.

Ferner ist hervorzuheben, daß alle geologischen Formationen, am augenfälligsten aber die jüngeren, große Verschiedenheiten in den einzelnen Absatzgebieten zeigen. Es bildeten sich in derselben Zeit immer Absätze im Meere, im süßen Wasser und auf dem Festlande. Sie fielen verschieden aus — je nach den besonderen Ablagerungs-Bedingungen, unter deren Einflusse sie sich bildeten. Gewöhnlich werden diese Bedingungen, unter denen die besonderen Gebiete einer bestimmten Ablagerung entstanden, durch organische Einschlüsse erläutert. Wo aber letztere fehlen, wird dann die Deutung mehr oder minder mißlich.

Nicht selten ist auch der Fall, daß verschiedenalterige Absätze in petrographischer und chemischer Beschaffenheit, auch wohl in der Lagerungsweise große Ähnlichkeit unter einander zeigen.

So sind die Ablagerungen von Steinsalz und Gips in den mittleren und den jüngeren Formationen einander so ähnlich, daß es oft erst durch sehr genaue Ermittelung der Lagerungsfolge gelang, einer jeden solchen Ablagerung ihre richtige Stellung in der Reihenfolge der Formationen anzuweisen.

Auch manche Lager Sandstein, Kalkstein, Steinkohle u. s. w. wiederholen sich hie und da in verschiedenen Höhen der Reihenfolge in sehr ähnlicher Weise. Das heißt, sie entstanden unter ähnlichen Bedingungen oder erlitten auch wohl ähnliche Umbildungen, sind aber darum keineswegs als gleichalterige Gebilde zu nehmen.

In solchen schwierigeren Fällen — ungleicher Beschaffenheit gleich alter Ablagerungen — und mehr oder minder großer Ähnlichkeit ungleich alter Gebilde — pflegt der ordnende Geolog sich im einfachsten Falle an die anderweit bekannte Reihenfolge der Formationen zu halten.

In vielen anderen Fällen ermittelt man das Altersverhältnis durch Vergleichung der in den Gesteinen enthaltenen organischen Reste oder Fossilien, Versteinerungen. Sie geben Aufschlüsse über die Pflanzen- und Tierbevölkerung der Erde zur Zeit der Ablagerung einer besonderen Formation und liefern oft die wichtigsten, wenn nicht die ausschließlichen Merkmale zur Unterscheidung zweifelhafter Gesteine.

Hin und wieder gewähren auch mineralische Einschlüsse — z. B. Gerölle von Granit oder von Porphyr — in solchen Fällen ähnliche Auskunft, doch gewöhnlich nur in mehr abgegrenzten Gebieten.

Die schon im Kapitel „dynamische Geologie" berührten Klüfte und Verwerfungen spielen in der Architektur der festen Erdrinde eine sehr wesentliche Rolle. Wenn man in Betracht zieht, wie oft diese im Verlaufe der geologischen Epochen bald gehoben worden ist, bald sich wieder gesenkt hat, kann es nicht auffallen, daß gleicherweise die Gesteinslager nicht nur öfter auf und ab bewegt, sondern auch gebrochen und an den Bruchflächen verschoben worden sind. Die durch die Klüfte getrennten Gebirgsteile sind dann oft mehr oder minder weit aus ihrer gegenseitigen Lage verworfen oder verschoben.

Sowohl der Steinkohlen-Bergbau als auch der Erz-Bergbau haben zahlreiche und zum Teil beträchtliche Verwerfungsklüfte kennen gelernt. So hat in der Steinkohlen-Formation zu Eschweiler in Rheinpreußen eine Kluft eine so beträchtliche Verwerfung hervorgebracht, daß an ihrer einen Seite das ganze Steinkohlengebilde in eine für den Bergbau unerreichbare Tiefe gesenkt erscheint.

Gewöhnlich ist, wo eine Verwerfungskluft geneigt erscheint, d. h. einen Winkel mit der Horizontal-Ebene bildet, das über der Neigungsfläche gelegene Stück der Erdrinde in die Tiefe hinabgerutscht. Man kann darnach annehmen, daß dieselben vorzugsweise bei der Senkung größerer und kleinerer Abschnitte des festen Felsbodens beteiligt waren — und zum Teil jetzt noch sein mögen. Solche Einbrüche der festen Erdrinde können es namentlich auch gewesen sein, welche die jetzt vom Meere erfüllten Becken und Thäler hervorbrachten.

Während die Klüfte sonach — wie es scheint — in naher Beziehung zu den großen Einsenkungen der Erdoberfläche und des Ozeans stehen, sind die Faltungen der Gesteinslager mit der Entstehung zahlreicher Gebirge nahe verknüpft.

Faltungen entstanden unter dem Einflusse der Abkühlung und Zusammenziehung der Erdrinde an Stellen geringeren Widerstandes. Der seitliche Druck hatte eine Zusammenschiebung der hier bis dahin ausgebreiteten Gesteinslager zur Folge. Die Falten wurden dabei oft zu beträchtlichen Höhen emporgestaut.

Sättel und Mulden eines Faltungsgebietes stehen teils aufrecht neben einander, teils sind sie umgelegt, zuweilen nahezu wagrecht niedergelegt. Die Wölbung eines

Sattels ist oft im Verlaufe der Verwitterung abgetragen, so daß beide Flügel desselben getrennt erscheinen. Man nennt dann die Ergänzung der abgetragenen Wölbung einen Luftsattel.

Solche Faltungen erzeugten zahlreiche ansehnliche Gebirge. So z. B. die Alpen und den Schweizer Jura, sowie in Nordamerika das Alleghany-Gebirge.

Uebrigens finden sich in gefalteten Schichtenfolgen — je nach der Sprödigkeit der Gesteine — auch noch mehr oder minder beträchtliche Klüfte, auch wohl vereinzelte Verwerfungsklüfte entwickelt.

Tafel I.

Tafel I. Fig. A. stellt die wichtigsten Sediment-Schichten oder die geologischen Formationen in ihrer Lagerungsfolge und im ungefähren Maße ihrer Dicke — oder wie der Geologe sagt ihrer „Mächtigkeit" — dar und ergibt eine Einleitung zum Verständnis der Fig. B.

Letztere gewährt ein bereits viel zusammengesetzteres Bild und gibt eine beiläufige Anschauung von den später eingetretenen Störungen derselben Schichten. Man sieht wie die ursprünglich vorwiegend wagrecht abgelagerten Sediment-Formationen seither durch seitlichen Druck mehr oder weniger gebogen oder gefaltet wurden. Man sieht, Becken oder Mulden mit sogenannten Sätteln, d. h. emporgewölbten Schichtenteilen abwechseln.

Man erkennt aus Fig. B. ferner, wie durch Druck aus der feurigflüssigen Region der Tiefe emporgehobene Laven oder massige Gesteine im Verlauf der geologischen Epochen durch Zerreißungen der Sedimente bald hie bald da aufstiegen und sich oft auch in Form von breiteren Decken an der Erdoberfläche ausdehnten.

Dieses Bild ist ein Idealprofil, ein auf Grund vieler Beobachtungen entworfener und nach mehr oder minder begründeten hypothetischen Vorstellungen ergänzter Durchschnitt oder Vertikalschnitt von der bewohnten Erdoberfläche bis in die unzugänglichen Tiefen des Erdinnern. Man darf also auch nicht allzuviel Gewicht auf die darin angenommenen Einzelheiten legen. Ihr Ziel ist nur eine vorläufige allgemeine Erläuterung.

Gewöhnlich ist auch bei solchen Idealprofilen das Höhenmaß im Verhältnis zum Längenmaß stark übertrieben und dadurch auch der Fallwinkel der Schichten stark vergrößert. Dafür haben die im natürlichen Maße angelegten Profile gewöhnlich den Nachteil, daß ihre Länge mehr oder minder das Bücherformat überschreitet.

Tafel II.

Gebirgsdurchschnitte.

Die genauere Betrachtung des Durchschnitts einiger deutschen Gebirge mag zur Erläuterung der oben von der allgemeinen Architektur der Erdrinde gegebenen Darstellung dienen. Doch darf man dabei nicht vergessen, daß diese Durchschnitte nur Idealprofile sind und die Höhenmaße derselben stark vergrößert werden mußten.

Das **Harz-Gebirge**, Taf. II. Fig. A. zeigt eine zentrale Granitmasse, zu der der Brocken und der Ramberg gehören. Diesen Gebirgskern umgibt ein Mantel von gehobenen Schichten. Sie beginnen mit der sogen. Grauwacken-Formation, dem silurischen und dem devonischen System, und begreifen noch den Quadersandstein, also das Kreidesystem. Alle diese Sedimente zeigen eine mehr oder minder stark geneigte Lagerung. Erst die Tertiärformation legt sich mit noch nahezu wagrecht verbliebenen Schichten an den Fuß der Höhen.

Durchbrüche von Grünstein und von Porphyr gehören am Harz mehr zu den örtlichen Erscheinungen.

Der **Thüringer Wald**, Taf. II. Fig. B., namentlich dessen nordwestlicher Teil besteht aus zahlreichen Porphyr-Bergen. Doch treten stellenweise auch Granit, Gneis und Glimmerschiefer zu Tage. Den äußeren Saum des Gebirges bildet der Zechstein. Aus der horizontalen Lagerung gebracht erscheinen auch noch die Lias-Schichten.

Der südliche Teil des thüringer Waldes besteht vorwiegend aus Grauwacken-Gebilden und wird in geologischer Hinsicht besser dem System des Fichtelgebirges und des Erzgebirges zugezählt.

Das **Erzgebirge**, Taf. II. Fig. C. gibt ein ausgezeichnetes Bild der einseitigen Hebung eines größeren Gebietes der Erdoberfläche. Die Schieferbildungen Sachsens und Böhmens sind an der heutigen politischen Grenze beider Länder durch eine Hebung auseinander gerissen.

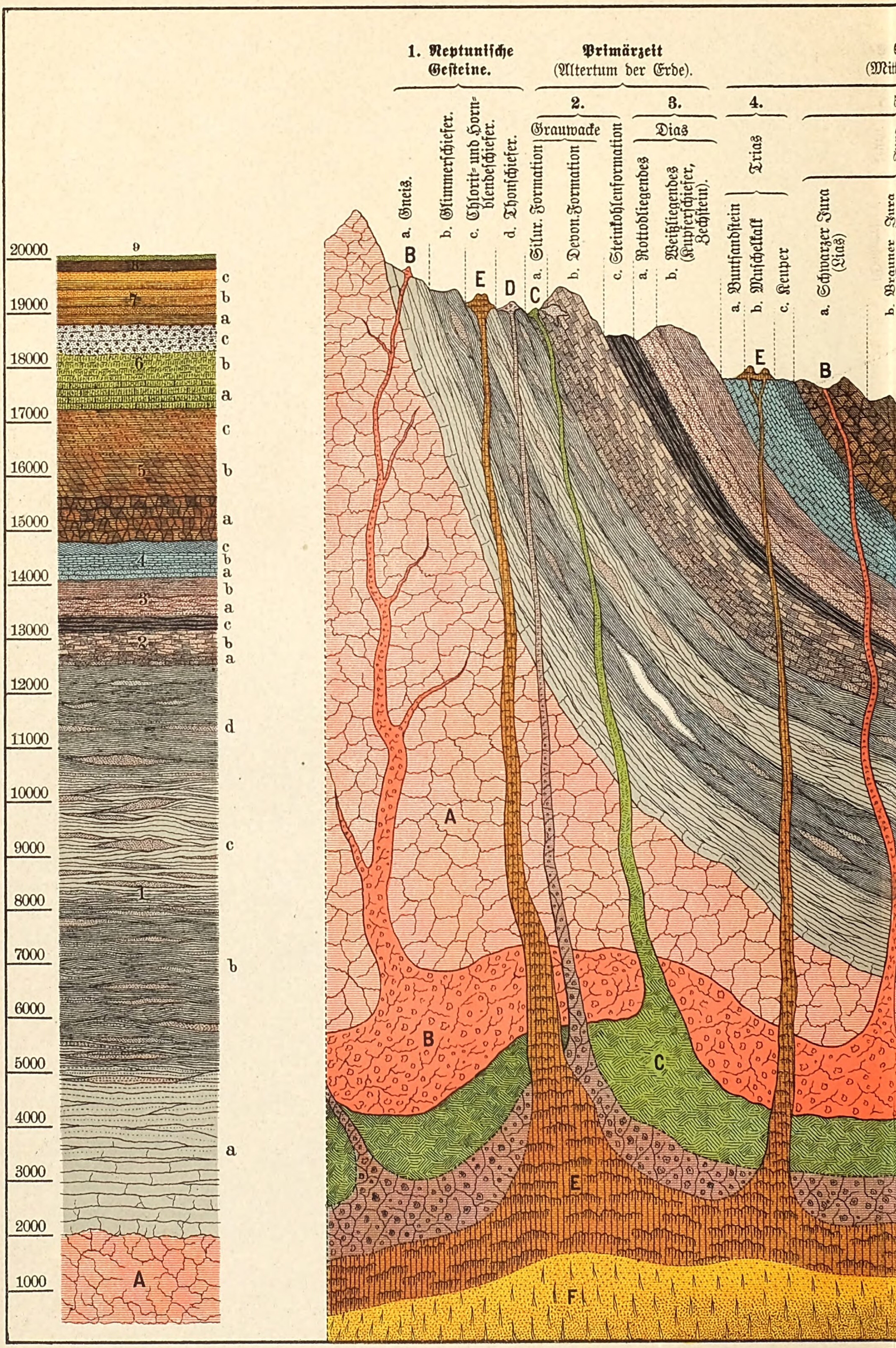
Schon um die Dyas-Epoche war der Aufbau des Gebirges der Hauptsache nach vollendet. Während der Kreide-Epoche zog sich ein Meeresarm an der Stelle des heutigen Elbelaufs nach dem damaligen böhmischen Binnenmeere und füllte sich innerhalb dieser Zeit mit den heut zu Tage durch ihre malerischen Bergformen ausgezeichneten Ablagerungen des Quadersandsteins, welche der betreffenden Gegend die Bezeichnung „sächsisch-böhmische Schweiz" verschafften. Nach der Kreideepoche lagerten sich dann auch auf der böhmischen Seite noch aus Süßwasserseen einige tertiäre Sedimente, zum Teil mit Braunkohlen, ab. Um diese Zeit brachen ferner in Böhmen zahlreiche Basaltmassen aus dem Innern der Erde hervor.

Das **Riesengebirge**, Taf. II. Fig. D. zeigt in seinem Bau manche Aehnlichkeit mit dem Harze, namentlich einen ganz ähnlichen Zentralkern von Granit, umlagert von einem von Stufe zu Stufe jüngeren Mantel geschichteter Sedimente. Diese aufgerichteten Gesteine verlaufen von Nordwest in Südost. Auch die Kreideschichten sind hier noch gestört, aber nicht so sehr aufgerichtet als die älteren Gebilde.

Ein Unterschied des Riesengebirges vom Harze liegt darin, daß um den zentralen Granit des ersteren ein dicker Mantel von krystallinischen Schiefern lagert und ihn von den darauf folgenden Schiefern der Grauwackenformation trennt.

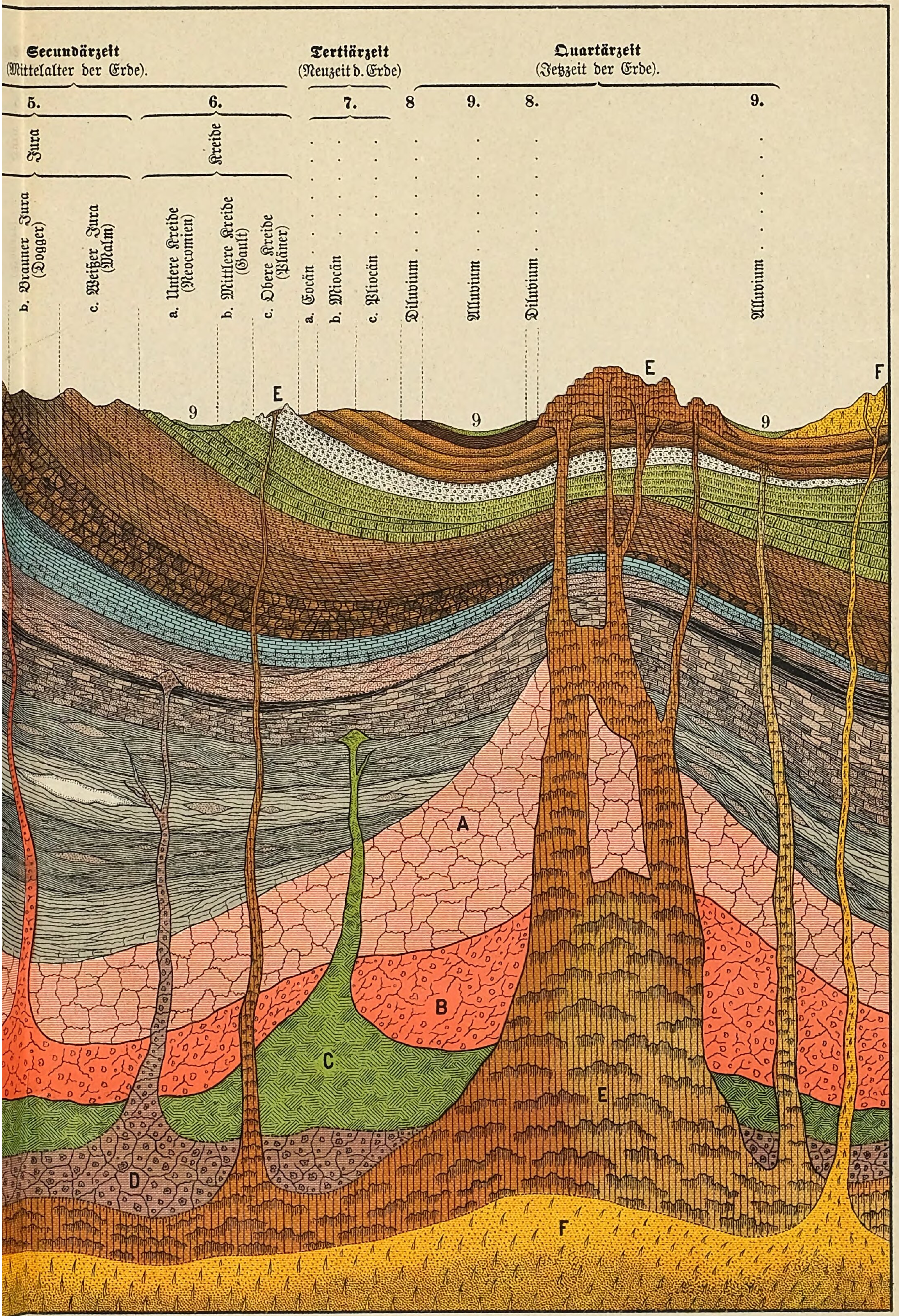
Der **Schwarzwald**, Taf. II. Fig. E. bildet mit dem im Norden jenseits vom Neckar ihm sich anschließenden Odenwald ein und dasselbe Erhebungssystem. Beide Höhenzüge stiegen offenbar erst nach Ablagerung der Jura-Sedimente empor. Die Tertiärschichten sind eine spätere Ablagerung.

Nur der westliche Abfall des Gebirgs zeigt an seinem Fuße einigermaßen beträchtliche Ablagerungen aus der Tertiärzeit. Die Ostseite und die Westseite des Schwarzwalds und des Odenwalds zeigen überhaupt ungleichen Bau. An der dem Rheinthale zugewendeten Westseite herrscht steileres Einfallen, hier scheint der hauptsächlichste Bruch vorzuliegen. An der Ostseite dagegen wurden die älteren Schichten bis hinauf zum oberen Jura — ja weiter in Ost bis zum Quadersandstein — sanft gehoben und fallen nur unter schwachem Winkel gegen Ost ab.



A. Durchschnittliche Mächtigkeit der geschichteten Gesteine.

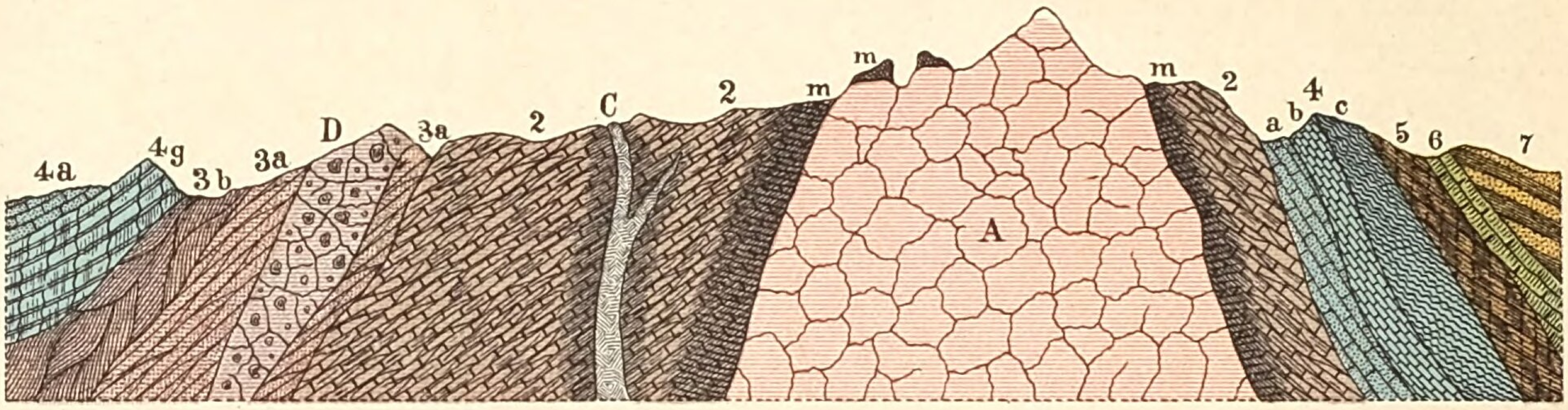
A. Granit . . . .
B. Jüngerer Granit, Granulit, Syenit .
C. Serpentin, Diorit, Grünstein . . .
D. Porphyr, Melaphyr, Augitfels . . .



B. Idealer Durchschnitt eines Teiles der Erdrinde.

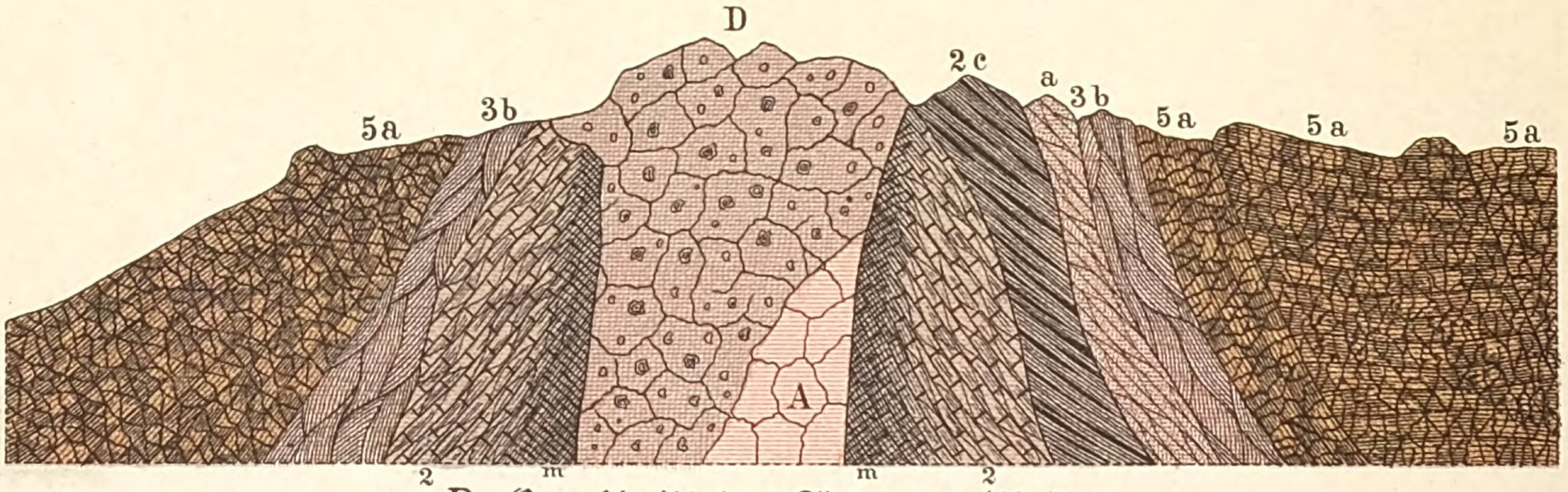
Plutonische Gesteine.

E. Basalt, Trapp, Dolerit, Trachyt } Vulkanische Gesteine.
F. Lava



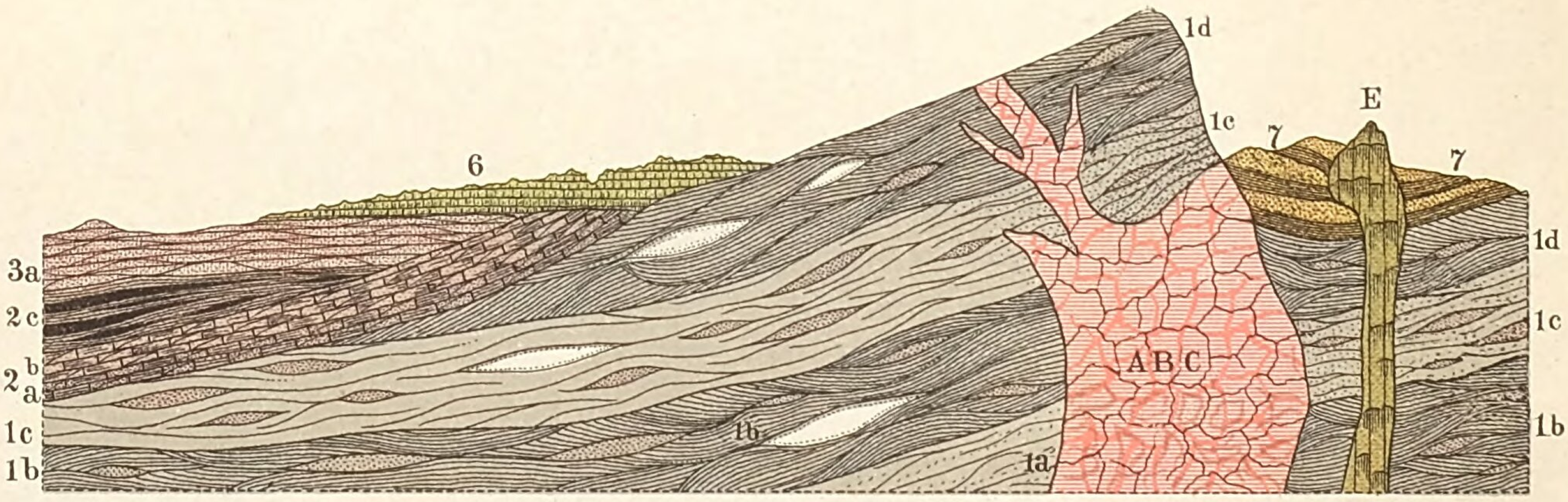
A. Querschnitt des Harzgebirges.

2. Grauwacke (Silurformation), nach dem Granitkegel zu metamorphosiert (m). 3 a. Rottodliegendes. 3 b. Zechstein. 4 g. Gyps. 4 a. Buntsandstein. 4 b. Muschelkalk. 4 c. Keuper. 5. Jura. 6. Quadersandstein (Kreideformation). 7. Tertiärformation. A. Granit. C. Grünstein. D. Porphyr.



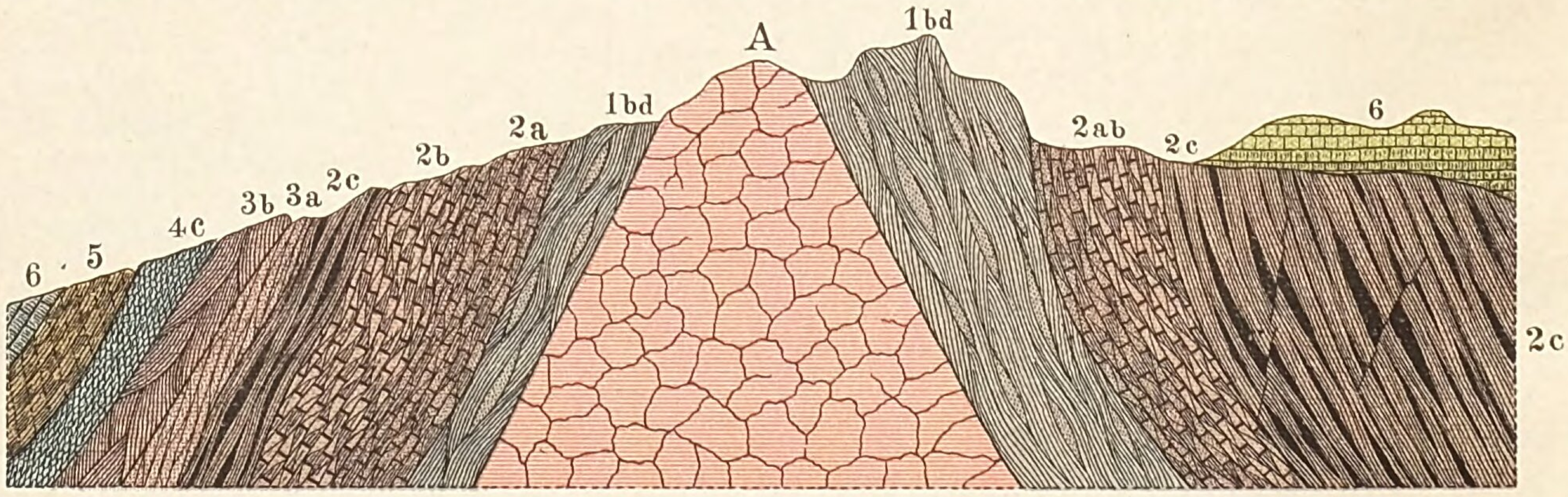
B. Querschnitt des Thüringer Waldes.

2 c. Steinkohlenformation. 3 a. Rottodliegendes. 3 b. Zechstein. 5 a. Lias (Juraformation). A. Granit. D. Porphyr.



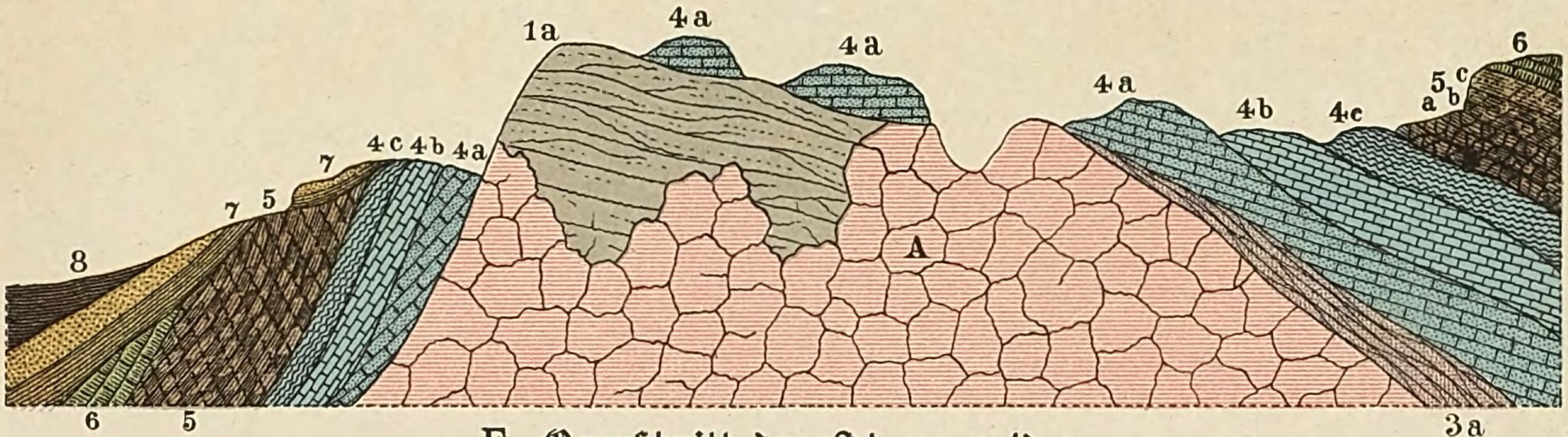
C. Querschnitt des Erzgebirges.

1. Krystallinische Schiefer. 2 a b. Grauwacke. 2 c. Steinkohle. 3 a. Rottodliegendes. 6. Quadersandstein (Kreide formation). 7. Tertiärformation. A B C. Granite und Porphyr. E. Basalt (des böhmischen Mittelgebirges).



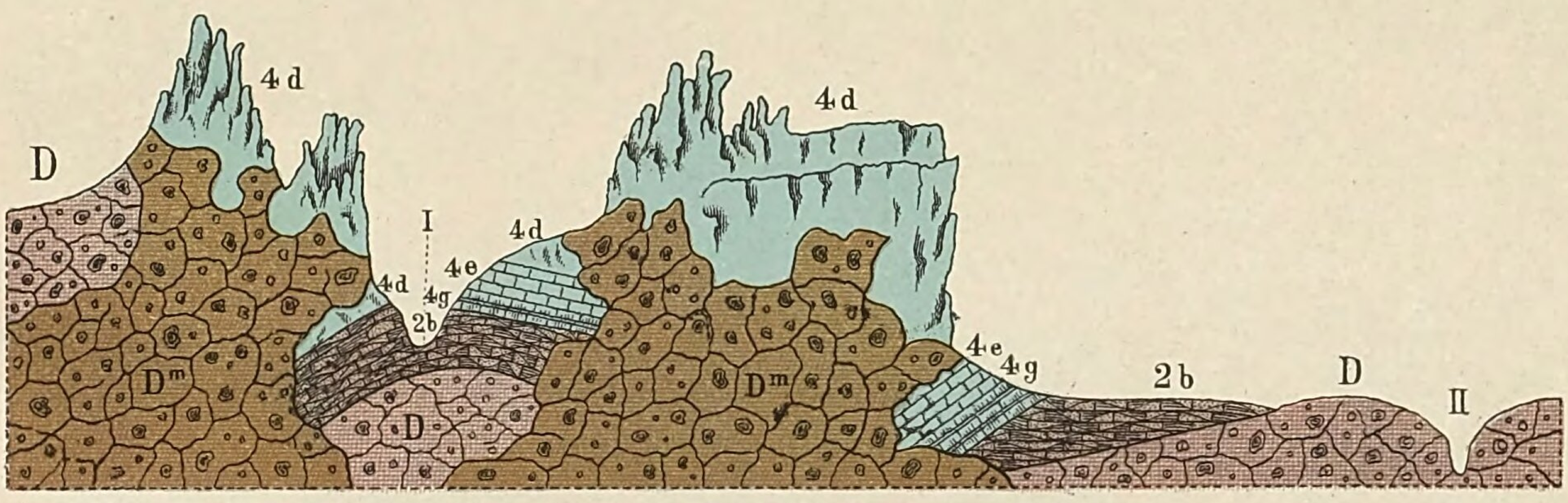
D. Querschnitt des Riesengebirges.

1 b d. Krystallinische Schiefer. 2 a b. Grauwacke. 2 c. Steinkohlenformation. 3 a. Rottodliegendes. 3 b. Zechstein. 4. Triasformation. 5. Juraformation. 6. Quadersandstein (Kreideformation). A. Granit.



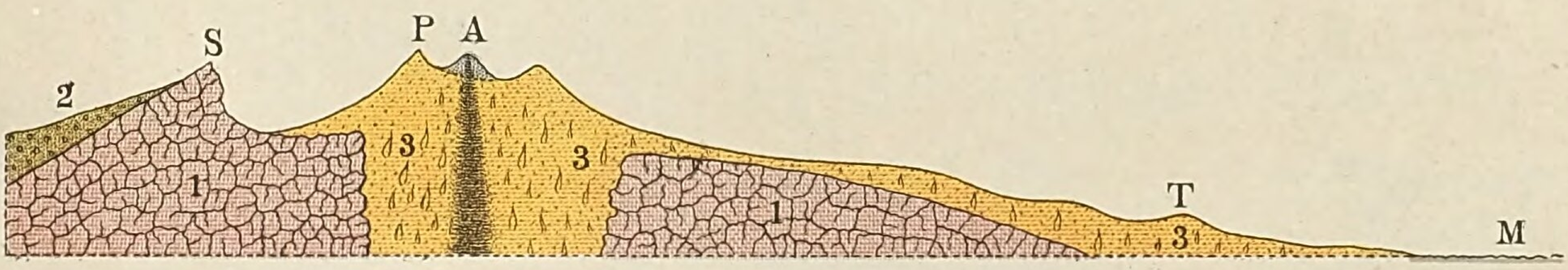
E. Querschnitt des Schwarzwaldes.

1a. Gneis. 3a. Rottodliegendes. 4a. Buntsandstein. 4b. Muschelkalk. 4c. Keuper. 5. Jura (a. Lias. b. Dogger. c. Malm). 6. Kreideformation. 7. Tertiärformation. 8. Diluvium (Lößz). A. Granit.



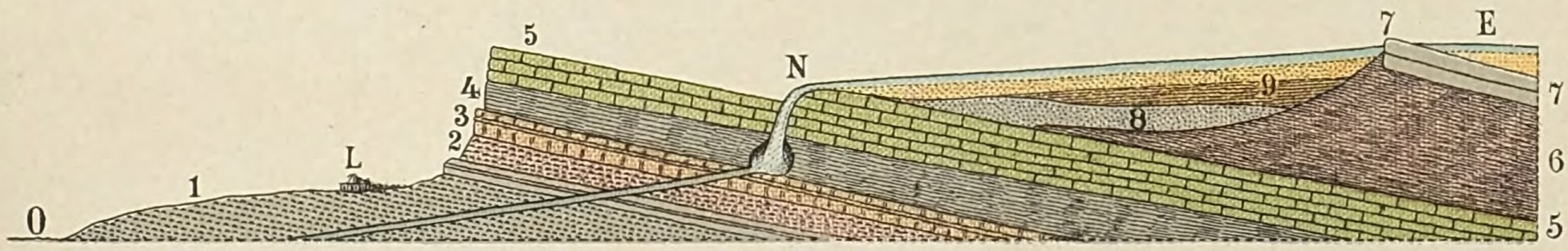
F. Querschnitt des Fassathales in Südtyrol.

2b. Alter roter Sandstein (Grauwackenformation). 4d. Dolomit, rhät. Formation (Keuper). 4e. Geschichteter Kalkstein, rhätische Formation (Keuper). 4g. Gyps. D. Schwarzer (Melaphyr) und roter Porphyr. I. Fassathal. II. Eisackthal.



G. Durchschnitt des Vesuv von Nord nach Süd.

1. Leucitporphyr der Somma. 2. Bimssteintuff. 3. Neuere Lava. A. Aschenkegel des Vesuv. S. Die Somma. P. Punta del Palo. T. Torre del Annunciata. M. Meeresspiegel.



H. Durchschnitt des obersilurischen Systems zwischen dem Erie- und Ontariosee mit dem Niagara-Fall.

1. Medina-Sandstein. 2. Oneida-Sandstein. 3. Clintangruppe. 4. Niagaraschiefer. 5. Niagarakalk. 6. Onondaga-Sandstein. 7. Pontamerenkalk. 8. Süßwasserschichten. O. Spiegel des Ontariosees. L. Lewiston. N. Niagarafall. E. Spiegel des Eriesees.

Der Durchschnitt durch das **Fassa-Gebiet** im südlichen Tyrol, Taf. II. Fig. F., führt uns in eine an geologischen Rätseln reiche Gebirgslandschaft, die seit Leopold von Buchs Untersuchung ein Hauptgegenstand der Aufmerksamkeit der Geologen geblieben ist. Schwarzer Porphyr oder Melaphyr (Augitporphyr) durchbrach zwischen dem Pellegrin und dem Eisackthal in Tyrol zuerst Feldstein-Porphyr in seinem Aufsteigen und sodann die über demselben ihre Stelle einnehmenden Ablagerungen von Buntsandstein oder Werfener Sandstein, Muschelkalk und Gyps — untere und mittlere Trias. Der Dolomit der oberen Trias, hier ausgezeichnet schroffe Höhen bildend, wird durch Augitporphyr von den unter ihm liegenden Triasschichten geschieden und große Dolomitmassen erscheinen stellenweise ganz umgeben vom vulkanischen Gestein.

Leopold von Buch nahm seiner Zeit an, diese Dolomitmassen seien durch den Einfluß des feurig-flüssig aufsteigenden Augitporphyrs aus gewöhnlichem Kalkstein entstanden. Diese Hypothese ist längst wieder aufgegeben. Man nimmt jetzt an, daß die Umwandlung auf dem Einfluß kohlensäurehaltigen Wassers u. dergl. beruht.

Reihenfolge der geologischen Formationen.

Wir verfolgen nun die einzelnen Formationen und ihre wichtigeren Unterabteilungen von unten nach oben — wie sie auf Taf. I. dargestellt sind. Wir besprechen dabei vor allem ihre mineralische oder petrographische Beschaffenheit und gehen hier nur im allgemeinen und vorläufig auch auf ihre Fossilführung ein, da diese weiter unten noch genauer betrachtet werden soll.

I.

Die Gneisformation oder laurentische Formation, das laurentische Schichtensystem.

Diese älteste Abteilung der geschichteten Gebilde besteht hauptsächlich aus Gneis oder einem krystallinisch-schiefrigen Gemenge von Feldspat (Orthoklas), Quarz und Glimmer, in verschiedenen Mengen-Verhältnissen und Gefüge-Abänderungen. Das Gestein ist stets geschichtet, zuweilen ebenplattig, auch wohl schiefrig, dabei oft in die Quere zerklüftet. Oft geht es auch lagerweise in Granit über. Es entbehrt durchweg eines Einschlusses deutlicher organischer Reste. Gleichwohl betrachtet die Mehrzahl der Geologen den Gneis als eine ursprünglich neptunische Ablagerung, die nachträglich unter einer mächtigen Decke aufgelagerter Formationen starke Umwandlungen erlitten hat und krystallinisches Gefüge annahm. Es ist die tiefste unserer Beobachtung zugängliche Schichtenfolge. Unbekannt ist die Grundlage, auf der sie ruht — vielleicht ist es Granit. Untergeordnet in mehr oder minder mächtigen Lagern erscheinen im laurentischen Gneis verschiedene Gesteine, namentlich Lagergranit, Hornblendeschiefer, körniger Kalk, Dolomit, Quarzfels, Serpentin, Graphit, Magneteisenerz u. s. w. Häufig erscheint der Gneis von Granitmassen durchbrochen, die dann gewöhnlich abgelöste Schollen desselben einschließen. Oft ist er auch reich an erzführenden Gängen. Man veranschlagt die Mächtigkeit der Gneisformation zu beiläufig 7000 Meter (in Kanada 10,000, in Bayern zu etwa 30,000).

II.

Die Schiefer-Formation oder huronische Formation, huronisches Schichtensystem.

Es ist eine mächtige Schichtenfolge von Glimmerschiefer, Thonschiefer, Quarzfels, Hornblendeschiefer, körnigem Kalk, Graphit u. s. w. In der unteren Abteilung derselben herrscht der Glimmerschiefer, in der oberen der Thonschiefer. In der Schieferformation erscheinen zahlreiche Erzlagerstätten. Namentlich gehört hierher auch das Vorkommen von Gold und Diamanten in Brasilien.

Die oberen Schichten der Schieferformation gehen allmählich in die unteren der silurischen Formation über. Hier stellen sich die ältesten organischen Reste ein. Sie sind hier aber noch spärlich, meist nur undeutlich erhalten und zum Teil noch rätselhaft. Diese ältesten fossilführenden Schiefer bezeichnet man auch als Cambrische Schichten. Man veranschlagt die Mächtigkeit der Schieferformation zu mehr als 8000 Meter. Diese und den Gneis faßt man auch unter der Bezeichnung Archäische Schichtenfolge zusammen; auch als krystallinisches Schiefergebirg oder **Urgebirg**.

III.

Silurische Formation oder silurisches Schichtensystem.

Hiermit erreichen wir eine mächtige Schichtenfolge von unzweifelhaft neptunischen, in der Regel auch fossilführenden Gesteinen, welche minder stark umgewandelt zu sein pflegen als die der tiefer liegenden Formationen. Diese Gesteine gingen besonders aus thonigen und sandigen Absätzen hervor und erscheinen jetzt in Gestalt von Sandstein, Sandschiefer und Thonschiefer. Andere sind kalkig und stellen mehr oder minder fossilreiche Kalksteine — oder auch Dolomite — dar. Dazu kommen noch Einlagerungen untergeordneter Flötze von Alaunschiefer und Anthracit.

Die Versteinerungen des silurischen Systems gehören fast alle dem Meere an. Doch kennt man auch schon etliche Funde von Landtieren und zwar Skorpionen, sowie von Landpflanzen und zwar Kryptogamen. Die große Mehrzahl der Versteinerungen in diesen Schichten sind Reste ehemaliger Meerestiere, wie besonders von Korallen, Schaltieren und Krustentieren, ferner auch vereinzelte Zähne und Schuppen von Fischen. Man veranschlagt die gesamte Mächtigkeit des silurischen Systems zu etwa 6000 bis 8000, ja bis zu 15,000 Meter. Erzführende Gänge sind auch im silurischen Gebiete noch häufig. So gehören dahin die goldführenden Quarzgänge von Viktoria (Melbourne) in Australien.

IV.

Die devonische Formation oder das devonische System.

Es folgt auf die silurische die devonische Formation. Sie besteht im allgemeinen aus ähnlichen Gesteinen wie die vorige. Untergeordnet erscheinen hin und wieder Lager von Roteisenstein und von Anthracit. Erzführende Gänge sind auch hier noch häufig. Die Versteinerungen des devonischen Systems tragen einen im allgemeinen ähnlichen Charakter, wie die des silurischen; namentlich stammen sie der Mehrzahl nach ebenfalls aus dem Meere. Die Landflora ist im Zunehmen und enthält schon einige Nadelhölzer. Die Fische werden häufiger. Hier machen sich auch schon stärkere Gegensätze in besonderen Ablagerungsgebieten je nach den besonderen Bedingungen geltend.

So unterscheidet sich der sogenannte alte rote Sandstein (old red sandstone) in Südwales und Schottland von den devonischen Schichten anderer Gebiete sowohl nach seinen Gesteinen als auch nach seiner Fossilführung. Er besteht aus meist braunroten, etwas ockerhaltigen Konglomeraten und Sandsteinen, die von organischen Resten fast nur Fische führen. Man betrachtet ihn als eine Ablagerung aus einem seichten Küstengebiet. Man veranschlagt die Mächtigkeit der devonischen Formation stellenweise auf 6000 Meter.

V.

Die Steinkohlen-Formation oder das carbonische Schichtensystem.

In dieser Formation treten beträchtliche Gegensätze in den verschiedenen Ablagerungsgebieten ein. Gesteine und Fossil-Einschlüsse ändern ab, je nachdem die Ablagerung im Meer geschah, oder ob sie im Festlandgebiete und unter Vermittlung des Süßwassers statthatte. Die Meeresabsätze sind im allgemeinen noch sehr ähnlich denen der silurischen und der devonischen Formation, namentlich wo sie aus kalkigen Absätzen bestehen.

Die Land- und Süßwassergebilde dagegen zeigen viel Eigentümliches. Sie bestehen gewöhnlich aus mehrmals sich wiederholenden Schichtenfolgen von Sandstein, Schieferthon und Steinkohle, wobei jedes Kohlenflötz auf einem von Wurzeln filzartig durchzogenen Schieferthon oder Stigmarienthon — einem alten Sumpfboden — lagert. Dazu kommen auch zuweilen untergeordnete Schichten von Süßwasserkalk, sowie auch von Eisenerz oder Kohleneisenstein.

Die Steinkohlenlager erweisen sich dadurch als noch auf ihrem ehemaligen Dammerdeboden stehende Sumpfwaldungen, deren Holzreichtum sich an Ort und Stelle ablagerte und im Laufe der Zeit die Umwandlung von Holz in Steinkohle erlitt. Dieser Zersetzungsvorgang dauert auch heute in zahlreichen Flötzen ununterbrochen fort, wie die Entweichung von brennbarem Kohlenwasserstoffgas bezeugt. Dabei verbleibt schließlich ein kohlenstoffreicherer Rückgang, der Anthracit, zu dem auch einzelne jetzt schon umgewandelt sind.

Solche auf Stigmarien, Thonen oder alten Dammerdelagern ruhende Kohlenflötze wiederholen sich oft mehrmals. So folgen sich einander in Westfalen bis über 130 und zu Saarbrücken 230, von denen allerdings dann nur wenige von einigermaßen beträchtlicher Mächtigkeit sind. Die Summe der Kohlenmächtigkeit beträgt dabei in Westfalen 74 und zu Saarbrücken 127 Meter.

Was das gegenseitige Verhalten der meerischen und der Süßwasser-Ablagerungen der Steinkohlenformation betrifft, so nehmen erstere gewöhnlich die untere Abteilung ein, also in Westfalen, Belgien und England. Diese untere Abteilung besteht meist aus kalkigen Absätzen und führt den Namen Kohlenkalk oder Bergkalk (mountain limestone in England). Er ist oft reich an Einschlüssen meerischer Konchylien und Korallen und im allgemeinen den silurischen und devonischen Meereskalksteinen noch sehr ähnlich.

Die Festland- und Süßwasserbildung oder, wie sie auch genannt wird, die produktive Steinkohlenformation, nimmt in der Regel mit ihren Sandsteinen, Schieferthonen und Kohlenflötzen die obere Abteilung ein. Feinerdige Gesteine derselben enthalten gewöhnlich eine Fülle von Resten der damaligen reichen Festland-Flora. So namentlich der unmittelbar über Steinkohle gelegene Schieferthon.

In einem Teile von Nordamerika, namentlich in Kansas und Nebraska fehlt die flötzführende oder produktive Kohlenformation ganz. Hier ist nur der marine Kohlenkalk oder Bergkalk zur Ablagerung gelangt. Also dieses Gebiet war ununterbrochen Meer während der ganzen Steinkohlen-Epoche. Der Kohlenkalk geht hier auch allmählich in den darüber folgenden permischen Meereskalkstein über.

Man schätzt die gesamte Mächtigkeit der Steinkohlen-Formation auf etwa 5000 Meter. So besitzt die produktive Steinkohlenbildung in England und Schottland bis zu 4000, die darunter gelegene kalkige Meeresablagerung noch gegen 1000 Meter Dicke.

VI.

Die permische Formation oder die Dyas, das permische Schichtensystem.

Diese Formation besteht in Nord- und Mitteldeutschland aus zwei sehr von einander abweichenden Abteilungen, einer Meeres- und einer Süßwasser-Ablagerung, von denen die letztere sich den oberen Lagern der produktiven Steinkohlenbildung gewöhnlich nahe anschließt.

Diese untere Abteilung, das Rotliegende, besteht gewöhnlich aus Sandstein, Schieferthon und Konglomerat. Die tieferen Lagen führen hie und da noch geringmächtige Steinkohlenflötze. Auch finden sich in den feinerdigen Schichten derselben Lager oft noch zahlreiche Reste der damaligen Landflora eingeschlossen.

Das Rotliegende ist gleich wie die produktive Steinkohlenbildung aus süßem Wasser abgelagert. Die groben Konglomerate scheinen von Flüssen eingeschwemmte Schutt- oder Delta-Bildungen zu sein. Seine Mächtigkeit geht im Durchschnitt bis zu 500, sie wächst aber in der Rheinpfalz bis zu mehr als 2000 Meter.

Die obere Abteilung der permischen Formation besteht aus Meeresabsätzen, unter denen sich namentlich der Kupferschiefer und der Zechstein auszeichnen, die auch wohl dieser Schichtengruppe den Namen geben. Ihre Mächtigkeit beträgt ein paar hundert Meter.

Das unterste Lager ist das Weißliegende oder Grauliegende, es besteht aus Konglomerat und Sandstein von ein paar Meter Mächtigkeit. Der Kupferschiefer ist ein schwarzer bituminöser Mergelschiefer, durchschnittlich 0,6 Meter mächtig und besonders im Mansfeldischen verbreitet. Die unterste (nur etwa 0,1 Meter mächtige) Lage desselben ist gewöhnlich kupfererzhaltig und wird dann bergmännisch abgebaut.

Der Kupferschiefer ist auch stellenweise reich an Fischen, besonders eckschuppigen Ganoiden, die vielleicht durch erzhaltige Quellzuflüsse getötet wurden. Ueber dem Kupferschiefer folgt dann noch eine mächtigere Schichtenreihe von Kalk, Mergel und Dolomit. Darunter ist namentlich der sogenannte Zechstein, ein deutlich geschichteter grauer thonhaltiger Kalkstein mit Meeres-Konchylien. Er zeigt gewöhnlich 5—10, seltener bis zu 30 Meter Mächtigkeit.

Die oberste Region des permischen Systems besteht in mehreren Gegenden aus einer Steinsalzbildung, d. h. einer Ablagerung von Gyps, Anhydrit, Thon und Steinsalz, also dem Ergebnis der Eintrocknung eines Binnenmeeres oder einer größtenteils abgesperrten Meeresbucht. Hierher gehört namentlich die ungemein mächtige Steinsalzablagerung von Staßfurt, südlich von Magdeburg, wo das Steinsalz mit Einschluß der begleitenden Kali- und Magnesia-Salze 400 Meter Mächtigkeit erreicht. Desgleichen die von Sperenberg bei Berlin. Ein Steinsalzlager von solcher Mächtigkeit konnte sich bilden, wo ein großer Meerbusen während der Abdunstung noch in geringem Verbande mit dem Meere verblieb und der Zufluß lange Zeit den Betrag der Abdunstung ersetzte.

Anders ist das permische System in anderen Teilen der Erde zusammengesetzt. So besteht es in einem Teile von Nordamerika (Kansas, Nebraska u. a.) aus einem mächtigen Meereskalk, der nach unten sich dem Kohlenkalk innig anschließt. Er erreicht 820 Meter Mächtigkeit.

VII.

Die Triasformation oder das Triassystem.

Es hat seinen Namen von seiner Dreiteilung in Deutschland und einigen angrenzenden Bezirken, wo es den Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper begreift. Aber schon in England fehlt der Muschelkalk.

In den Alpenländern erscheinen an der Stelle der deutschen Trias ganz anders geartete Ablagerungen, die meist auf ein tieferes Meer deuten. Diese letzteren Bildungen wiederholen sich denn auch in anderen Erdteilen z. B. im Himalaya, in Sibirien, Kalifornien u. s. w. und nehmen also ein viel größeres Gebiet als die dreiteilige deutsche Trias ein.

Der Buntsandstein (oder neue rote Sandstein, new red sandstone der Engländer) begreift teils fossilführende Meeresablagerungen, teils fossilfreie Strandgebilde. Er erreicht in Deutschland bis 600 Meter Mächtigkeit. Er besteht vorwiegend aus Lagern von Sandstein, der gewöhnlich eine rote Farbe zeigt, auch wohl bunt geadert oder gefleckt erscheint, sowie einem Schieferthon von ähnlicher Färbung. Untergeordnet finden sich auch kalkige, mergelige und dolomitische Lager.

Stellenweise erscheint in der obersten Region dieser Schichtenfolge eine Steinsalzbildung, bestehend aus Dolomit, Gyps und Steinsalz. So zu Schöningen im Braunschweigischen, zu Salzgitter u. a. O.

An der Stelle des deutschen Buntsandsteins erscheinen in den Alpen der Werfener Sandstein und einige Kalklager mit Meeres-Konchylien.

Der Muschelkalk findet sich in Deutschland, der Ostschweiz, in Lothringen und Polen und erreicht über 300 Meter Mächtigkeit. Er besteht hauptsächlich aus kalkigen, mergeligen und dolomitischen Meeresgebilden. Das herrvorragendste Gestein ist der eigentliche Muschelkalk, meist ein dichter rauchgrauer Kalkstein, der oft reich an meerischen Versteinerungen ist, namentlich an Muscheln (Zweischalern). In der mittleren Höhe der Muschelkalkgruppe erscheint hie und da eine Gyps- und Steinsalz-Ablagerung. So in der Neckargegend, zu Stetten in Hohenzollern, bei Basel, bei Erfurt u. a. O.

Die dritte Abteilung der Trias in Deutschland ist der Keuper, ein mannigfacher Wechsel von verschiedenen Sandsteinen mit Schieferthon, Mergel und dolomitischem Mergel. Diese Schichtenfolge stammt im allgemeinen aus einem seichten, teils sandigen, teils schlammigen Meeresgebiete. Dazu kommt auch stellenweise noch eine Gyps- und Steinsalzbildung, u. a. in Lothringen und eine aus süßem Wasser stammende Kohlenbildung mit einer unreinen Kohle, der sogenannten Lettenkohle, die namentlich in Württemberg, aber auch in Thüringen vorkommt. Diese Ablagerung erreicht in Deutschland etwa 200 Meter Mächtigkeit.

In den Alpenländern ist der Keuper durch ganz andere Gesteinsbildungen vertreten und zwar durch mächtige Absätze von Meereskalksteinen. Sie erscheinen zu beiden Seiten der Alpen in bedeutenden Bergmassen und erreichen hier eine Mächtigkeit von 1000 Meter und darüber. Hierher gehört namentlich der Hallstätter Kalk und der darüben folgende Dachsteinkalk. Manche Lager erscheinen auch in Dolomit umgewandelt. Diese Gesteine sind Absätze aus offenem Meer. Namentlich sind einige Lagen des Hallstätter Kalks reich an schönen Ammoniten und einigen anderen Konchylienresten.

VIII.

Die Juraformation oder das Jurasystem.

Es folgt in Deutschland, der Schweiz, Frankreich und England auf die Trias und stellt hier eine mächtige vorwaltend kalkige Schichtenfolge dar. Kalksteine, Mergel, Thone und Sandsteine wechseln mehrfach ab und dazu kommen hier auch noch ansehnliche Riffbauten von Korallen und Seeschwämmen (Spongien). Diese Schichten sind fast alle Meeresabsätze und meistens reich an Einschlüssen von Meeres-Konchylien. Manche ergeben namentlich eine Fülle von schönen Ammoniten und Belemniten, andere führen Fische und Saurier.

Die jurasische Schichtenfolge läßt sich in drei Gruppenabteilungen gliedern:

Der untere Jura oder Lias heißt auch schwarzer Jura, weil er in vielen Gegenden dunkelfarbige, oft schwarze Gesteine führt, die zum Teil einen namhaften Gehalt an Bitumen zeigen. Die Gesteine sind Kalksteine, Schieferthon, Mergelschiefer und Sandstein. Meist sind sie reich an Versteinerungen, teils Meerespflanzen, teils Meerestieren. Ausgezeichnet ist namentlich ein Lager im untern Lias von England (Lyme Regis in Dorsetshire) mit zahlreichen Skeletten von Fischen und meerbewohnenden Reptilien der Gattungen Ichthyosaurus und Plesiosaurus.

Im mittleren Lias von Deutschland, namentlich aber von Schwaben und Franken zeichnet sich der Posidonomyenschiefer durch seine Fossilführung aus. Es ist ein dunkler, oft schwarzer bituminöser Mergelschiefer, der zum Teil in ausgezeichneten Platten bricht. Er führt zahlreiche Fischreste, sowie hin und wieder ausgezeichnete Skelette von meerbewohnenden Reptilien der Gattung Ichthyosaurus und Teleosaurus oder Mystriosaurus. Die Hauptfundstätten derselben sind Ohmden, Holzmaden u. a. O., bei Boll in Schwaben, sowie Banz in Franken. Dieses süddeutsche Saurierlager liegt also um eine Stufe höher als das englische.

Der mittlere oder braune Jura, auch Dogger genannt, besteht aus einer mannigfaltigen Abwechslung von Gesteinen, doch sind darunter Sandsteine, Thone, Mergel und Kalksteine vorwaltend.

Häufig ist eine von einem Gehalte an Eisenoxydhydrat bedingte braune oder bräunliche Farbe der Absätze. Kalksteine dieser Abteilung haben meistens den Charakter von Oolithen oder Rogensteinen, sie umschließen strahligfaserige Kalkkörner in einer mergeligen Grundmasse. Stellenweise erscheinen in diesem Gebiete auch infolge einer Zunahme des Eisenoxydgehaltes Lager von Eisen-Oolith. Er besteht aus roten oder braunen Körnern von Eisenoxyd u. dergl. in einer kalkigen oder mergeligen Grundmasse. Zu Aalen (Württemberg) hat man mehrere socher Flötze, von denen eines 2,3 Meter mächtig ist.

Der mittlere Jura steht an Reichtum seiner Fossilführung dem Lias nicht nach. Namentlich zeichnen sich einzelne Thonlager durch metallisch-glänzende, von Schwefelkies versteinerte Ammoniten aus. In einem Teile von England und Schottland erscheint auch im mittleren Jura eine mächtige Süßwasser-Ablagerung entwickelt, welche Kohlenflötze einschließt. Merkwürdig ist auch noch im mittleren Jura von England der Kalkschiefer von Stonesfield als Fundstätte mehrerer Unterkiefer von landbewohnenden Säugetieren aus der Klasse der Beuteltiere.

Der obere oder weiße Jura besteht in der Schweiz, in Schwaben und Franken vorzugsweise aus weißen Kalksteinen und hellgefärbten Kalkmergeln, die gern steile abgerissene Berge bilden. Die Kalksteine sind oft sehr arm an deutlichen Fossil-Einschlüssen, dafür sind einzelne andere Lager reich an wohlerhaltenen Ammoniten oder an Sternkorallen, oder an Spongien. Das alles sind meerische Absätze und meerische Fossilien. Das gilt auch noch von einem der obersten Glieder des fränkischen Juras, dem Solnhofener lithographischen Stein, einem meist in ebenen Platten brechenden überaus gleichmäßig-feinkörnigen Kalkstein, der zahlreiche Meeresfossilien, namentlich auch Krebse, Fische und Reptilien einschließt. Aus diesem stammen auch die ältesten bis jetzt gefundenen Skelette von Vögeln der Gattung Archaeopteryx. Stellenweise stellt der Jurakalk auch einen Oolith dar, wie zu Schnaitheim in Württemberg. Endlich ist noch zu bemerken, daß ansehnliche Massen desselben auch in Dolomit umgewandelt erscheinen. Dies ist in einem Teile des fränkischen Juras der Fall. Die Mächtigkeit des Lias in Deutschland und der Schweiz veranschlagt man zu 100 Meter, die des mittleren Jura zu 400 und die des oberen Jura zu 300, die des gesamten Jurasystems also beiläufig zu 800 Meter.

Die oberste Region der Juraformation und die unterste der darauf folgenden Kreide-Formation stellen im südöstlichen England und in Norddeutschland eine mächtige Süßwasser-Ablagerung dar, die man während einer Reihe von Jahren unter dem Namen Wealden-Formation

oder Wälder-Formation (Wälderthon-Bildung) zwischen beiden einschaltete. Die neueren Geologen teilen aber diese Süßwasser-Ablagerung in zwei Teile und zählen den unteren zum Jura, den oberen zur Kreide.

Hiernach nehmen wir die in England entwickelten, aus wechselnden Kalk- und Mergellagern bestehenden Purbeck-Schichten noch zum oberen Jura. Diese Schichtenfolge ist ausgezeichnet durch das Auftreten eines einzelnen Lagers, welches wieder mehrere Unterkiefer von kleinen Säugetieren — abermals Beuteltieren — geliefert hat. Im nördlichen Deutschland erscheinen in derselben Schichtenhöhe vorwaltend Absätze aus einem brackischen (oder schwachsalzigen) Gewässer. Es sind teils Kalksteine, teils Mergel, die am Deister bis 500 Meter Mächtigkeit erlangen.

IX.

Die Kreideformation oder das Kreidesystem.

Ihre Gesteine bestehen vorwaltend aus Mergeln, sowie aus teils dichten, teils lockeren und erdigen Kalksteinen. Manche Lager sind durch Einmengung von Glaukonit oder Grünerde grün gefärbt. Reine weiße Kreide oder Schreibkreide, gewöhnlich von Feuersteinknollen begleitet findet sich nur in der oberen Abteilung der Kreideformation und auch hier nur über ein bestimmtes Gebiet — namentlich England, Frankreich und Norddeutschland — verbreitet.

Mächtige Lager von Sandstein erscheinen in Norddeutschland, besonders in Sachsen und Böhmen in der mittleren und oberen Region des Kreidesystems entwickelt. Dies ist der Quadersandstein. Er ist gewöhnlich deutlich geschichtet und dabei häufig auch von senkrecht zur Schichtung verlaufenden Klüften durchsetzt, wodurch eine Quadern- und Säulenbildung begünstigt erscheint. Er ist oft zugleich auch glaukonitisch. Zwischen unterem und oberem Quadersandstein schaltet sich in Sachsen und Böhmen der Pläner ein. Es ist eine Ablagerung von grauem, oft auch glaukonitischem Mergel und Kalkstein. Weiße Kreide, Schreibkreide bildet häufig die obere Region des Systems, unter anderem von England bis Rügen. Sie ist ein lockerer feinerdiger Kalkstein, voll von Einschlüssen mikroskopischer organischer Reste.

Diese Ablagerungen der Kreideformation in Europa sind vorwiegend Erzeugnisse des Meeres und häufig auch reich an meerischen Fossilien, unter denen hier die letzten Ammoniten und Belemniten auftreten. Die weiße Kreide ergibt sich unter dem Mikroskop vorwiegend aus sehr kleinen Meeresfossilien zusammengesetzt, namentlich Kalkschalen von Rhizopoden oder Wurzelfüßern und aus den noch rätselhaften Kokkolithen. Größere Versteinerungen sind in der weißen Kreide gewöhnlich durch Feuerstein erhalten, z. B. Echinidien oder Seeigel.

Süßwasser-Ablagerungen erscheinen im Kreidesystem spärlicher eingeschaltet. Am ansehnlichsten ist die der untersten Region angehörende, mit einem Kohlenlager verbundene Wälderthonbildung, eine Schichtengruppe, die wir schon bei der Juraformation andeuteten. Diese scheint einer Flußmündung anzugehören. Das nennen die Engländer estuary deposits.

Die Kreideformation von Europa läßt sich überhaupt in drei Schichtengruppen oder Stufen einteilen.

Die untere Kreideformation heißt auch Neocom-Stufe (Etage néocomien). Sie begreift verschiedene Kalksteine, Mergel und Sandstein. In einem Teile von England gehört dahin der sogenannte untere Grünsand (Lower Greensand), ein Lager von glaukonitischem Sand.

In einem andern Teile von England und in Norddeutschland erscheint statt dessen die kohlenführende Süßwasser-Ablagerung des Wälderthons oder Weald Clay, ein bläulichgrauer oder schwarzgrauer Thon oder Mergel mit Süßwasserkonchylien, besonders Cyrenen und Paludinen, sowie auch Melanien. In Norddeutschland führt dieser Thon mehrere Kohlenflötze über einander; einzelne werden 1—3 Meter mächtig.

Darüber folgt in England, Frankreich und Deutschland die Gault-Stufe, eine Schichtenfolge von verschiedenen Thon- und Mergellagern, deren oberstes in Norddeutschland der sogenannte Flammenmergel ist.

Darüber liegt die Cenoman-Stufe mit dem oberen Grünsand (Upper Greensand) in England und dem unteren Quadersandstein in Sachsen und Böhmen.

Darüber die Turon-Stufe mit dem Pläner in Sachsen und den Gosau-Bildungen in den österreichischen Alpen.

Darüber die obere Kreide oder Sennon-Stufe mit der weißen Kreide oder Schreibkreide in England, Frankreich und auch Rügen. Hierher gehört auch noch der obere Quadersandstein in Sachsen und der Korallenkalk von Faxon auf Seeland.

X.

Die Tertiärformation oder das Tertiärsystem.

Die mannigfach gegliederte und wechselvolle Schichtenfolge der tertiären Bildungen steht in mehreren Hinsichten in starkem Gegensatz zu den ihnen unmittelbar vorausgegangenen und oft von ihnen überlagerten Absätzen der Kreide-Epoche. Dieser Gegensatz erstreckt sich auf Gesteine und Fossilien. Er beruht, wie man anzunehmen Grund hat, zunächst auf großen Unterschieden in der Gestalt von Meer und Festland, die zur Zeit des Wechsels der beiden großen Formationen eintraten und jetzt nur noch annähernd zu ermitteln sind.

Namentlich erkennt man, daß von da an die Ablagerungen häufiger aus Binnenseen und Sümpfen und überhaupt vom Festlandgebiet stammen. Fossileinschlüsse von Süßwasser- und Festlandbewohnern werden hier immer häufiger. Dafür werden Ablagerungen aus offenem und tiefem Meere zusehends seltener. Man kennt hier die Bevölkerung der größeren Meerestiefen auch fast gar nicht. Damit stellt mehr und mehr der Umriß der großen Festlandgebiete sich so heraus, wie er noch jetzt sich findet.

Die Verbreitung der organischen Einschlüsse in den verschiedenen tertiären Absätzen ergibt nun auch klimatische Verschiedenheiten. Namentlich weiß man aus den Pflanzenresten der mitteltertiären Ablagerungen in der Nordpolarregion, daß dort damals ein mildes Klima, wie das heutige der mittleren Breiten herrschte.

Es ist also anzunehmen, daß die Ausbildung der klimatischen Zonen gemäß der zunehmenden polaren Abkühlung des Erdballs hauptsächlich im Verlaufe der tertiären Periode statt hatte — wiewohl sie auch in der Kreidezeit schon einigermaßen nachweisbar ist. Zugleich mit der allmählichen Ausbildung der heutigen großen Festländer und der heutigen klimatischen Zonen zeigt sich auch im Verlaufe der tertiären Zeiten eine allmähliche Zunahme der heute noch lebend vertretenen Gattungen und Arten der Pflanzen und Tiere, bis zuletzt die obersten Schichten der Tertiärformation mit Pflanzen- und Tierresten schließen, die mit Arten der heutigen Flora und Fauna entweder schon ganz gleich sind oder ihnen doch sehr nahe stehen, auch wohl deren nächste Vorfahren darstellen.

Mit dieser Umgestaltung der Lebewelt im Verlaufe der tertiären Zeiten sterben dann auch mehr und mehr die älteren Gattungen und Arten hinweg, ohne daß man für jeden einzelnen Fall den besonderen Grund noch zu ermitteln vermöchte.

Die Gesteine des Tertiärsystems sind sehr mannigfaltig und es läßt sich im allgemeinen von ihnen nur sagen, daß sie meistens noch nicht so stark umgewandelt

sind, als die der älteren und mittleren Formationen zu sein pflegen. Sie sind in der Regel weicher und lockerer als die letzteren, häufig auch noch ganz lose. So trifft man im tertiären Gebiete vorwaltend Lager von losen Gerölleabsätzen oder von losem Sand, dann von weichem bildsamem Thon und von lockerem erdigem Kalk. Doch fehlt es auch nicht in manchen Tertiär-Ablagerungen und namentlich in den älteren derselben an Gesteinen von größerer Festigkeit und weiter vorgerückter Umwandlung. Sie erscheinen dann in Gestalt von Sandstein und Konglomerat, von Schieferthon und von festem dichtem Kalkstein.

Oertlich und untergeordnet erscheinen in diesem Gebiete auch noch Lager von Braunkohlen, sowie von Gyps und Steinsalz, ferner von Eisenerzen und Manganerzen. Die Braunkohlen erscheinen in den älteren Tertiärschichten gewöhnlich stärker umgewandelt und haben dadurch auch mehr oder minder das Aussehen von Steinkohlen angenommen. Minder stark umgewandelt pflegen die Braunkohlen der oberen Tertiärschichten zu sein. Sie umschließen auch oft ansehnliche Baumstämme, die noch das ursprüngliche Holzgewebe zeigen. Man nennt solche fossile Stämme auch bituminöses Holz. Die Tertiärformation überhaupt wird nach der Häufigkeit ihrer Braunkohlenlager oft auch Braunkohlenformation genannt.

Gyps und Steinsalz nebst Salzthon erscheinen als mehr oder minder mächtige Lager örtlich und untergeordnet im tertiären Gebiet, unter anderm zu Wieliczka in Galizien. Sie gelten als Rückstand der Verdunstung abgegrenzter, vom Ozean unabhängig gewordener Meeresteile.

Andere Gypslager erweisen sich als Süßwasserabsätze und gelten als entstanden unter dem Einflusse schwefelsäurehaltiger Bäche, die von vulkanischen Ausbruchsstätten abflossen und Kalkabsätze in Gyps umwandelten. Dahin gehören das Gypslager des Montmartre bei Paris und das der Auvergne.

Ein eigentümliches Gestein der unteren Abteilung des Tertiärsystems ist der Nummulitenkalk und Nummulitensandstein, der namentlich zu beiden Seiten der Alpen erscheint. Es ist ein Meeresabsatz mit zahlreichen oft dicht gedrängten, flach scheibenförmigen oder linsenförmigen Nummuliten von 3—20 und 30 Millimeter Durchmesser. Dieses Gestein bildet stellenweise sehr mächtige Lager.

Ein anderes merkwürdiges Gestein der tertiären Schichtenfolge und zwar in deren Mittelregion ist der Nulliporenkalk oder Leithakalk des Wiener Beckens und Ungarns, ein hauptsächlich von kalkabsondernden Meeresalgen oder Nulliporen abgesetztes oft große Mächtigkeit erlangendes Kalksteingebilde.

Große Gebiete in Niederösterreich, Ungarn und Südrußland sind bedeckt von obertertiären Brackwasserabsätzen, kenntlich an ihren Konchylien, die den heutigen Bewohnern von Flußmündungen oder Aestuarien und Seestrand-Lagunen zunächst verwandt sind. Diese Brackwasserabsätze ziehen sich bis zum Caspi-Meer und zum Aral-See. Beide Binnenseen ergeben sich als Reste jenes Brackwassergebietes, welches einst auch einen großen Teil von Osteuropa überdeckte.

Die Einteilung der tertiären Schichtenfolge in engere Formationen oder Stufen ist mit mehr Schwierigkeiten verknüpft als bei den älteren Bildungen. Einesteils liegen die tertiären Ablagerungen oft entfernt von einander und ist ihr beziehungsweises Alter daher nicht mehr unmittelbar zu entnehmen.

Anderenteils ist die Gesteinsbeschaffenheit in verschiedenen Becken oft sehr verschieden oder es erfolgte die Ablagerung in einem Gebiete aus Meerwasser, in einem andern aus Brackwasser, endlich in einem dritten aus Süßwasser oder aus Sümpfen.

Dazu kommt, daß sich im Verlaufe der Tertiärzeit die Ausbildung der klimatischen Zonen mehr und mehr geltend macht und daher von der auch unter verschiedenen Breiten klimatisch verschiedene Reste von Pflanzen und Tieren zur fossilen Erhaltung gelangten. Dies alles trägt dazu bei, die Ermittelung der gegenseitigen Altersverhältnisse mehr als bei den Ablagerungen älterer Formationen zu erschweren.

Die meisten Geologen unterscheiden — mit Ch. Lyell — drei tertiäre Stufen, das Eocän, das Miocän und das Pliocän.

Die unteren Tertiärschichten oder das Eocän enthalten erst sehr wenige Prozente heute noch lebender Meereskonchylien. Dahin gehören namentlich die unteren und die mittleren Schichten des Pariser Beckens und der Gegend von London, sowie die Nummulitenbildung der Alpenländer, die sich von den Pyrenäen an über Aegypten bis weit nach Ostasien — also fast über die Hälfte des Erdumkreises — verfolgen lassen.

Manche Geologen schalten hier das Oligocän ein, welches andere teils dem Eocän, teils dem Miocän zuteilten. Es begreift unter anderm den durch seine zahlreichen Säugetierreste ausgezeichneten Gyps des Montmartre bei Paris und die ausgedehnte Braunkohlenablagerung von Norddeutschland, sowie auch das den Bernstein führende Lager des Samlandes bei Königsberg.

Die mittlere Tertiärstufe oder das Miocän begreift namentlich eine an der Nordseite der Alpen abgelagerte Zone von meerischen, brackischen und Süßwasserabsätzen. Hierher gehören vorzüglich die unteren und mittleren Schichten des Wiener Beckens und Ungarns mit dem Leithakalk oder Nulliporenkalk und mit der Steinsalzbildung von Galizien (Wieliczka), Ungarn und Siebenbürgen.

Die obere Tertiärstufe oder das Pliocän zeigt schon eine größere Annäherung an den Stand der Dinge des heutigen Tages. Namentlich stellen sich unter den Meereskonchylien bereits zahlreiche Arten ein, die heute noch lebend im Meere gefunden werden. Auch aus andern Klassen des Pflanzenreiches und des Tiereiches kommen hier schon einzelne Arten fossil vor, die heute noch fortleben. Die Wärmeverhältnisse und der Verlauf der klimatischen Zonen waren gegen Ende der Pliocänzeit, soviel wir wissen, bereits nahezu dieselben, wie sie heute noch über die Erdoberfläche verbreitet sind. Zur Pliocänstufe gehören unter anderem von Meeresabsätzen die Subappenninenbildungen von Italien, von Brackwasserabsätzen die oberen Lager des Wiener Beckens, Ungarns und Südrußlands, endlich von Süßwasserabsätzen die obere Braunkohle der Wetterau (Hessen).

XI.

Die Quartärformation oder das quartäre System.

begreift erstens eine untere Abteilung, das Pleistocän oder Diluvium, und eine obere, das Alluvium oder die recenten Gebilde. Feste Grenzen treten hier aber nicht auf, eines verläuft in das andere.

Die obersten Schichten der Tertiärformation — also das oberste Pliocän — führen unmerklich zu den untersten der quartären Formation, ohne daß eine maßgebende Grenze in die Augen fällt.

Um diese Zeit hatten die großen Festlandgebiete beiläufig schon die Umrisse, welche sie dermalen zeigen. Die Wärmeverhältnisse und die klimatischen Zonen des Erdballs waren ebenfalls schon nahezu so ausgebildet, wie sie heutzutage erscheinen.

In Einklang damit finden sich in den fossilführenden Schichten dieses Zeitalters Reste von Pflanzen und Tieren sowohl im Meer als auf dem Festland vorherrschend in Arten, die heute noch fortleben, sei es in dem Gebiete des Fundortes selbst, sei es in einer etwas entlegeneren Gegend. So nähert sich hier überhaupt alles dem heutigen Stande der Dinge ohne allgemein hervortretende Grenze.

Am geeignetsten erscheint es, die Grenze zwischen tertiärer und quartärer Formation auf die sogenannte **Waldschicht** oder das Forest bed von England und Frankreich zu legen. Dies sind die sogenannten **untermeerischen Waldungen**, Submarine Forests der Engländer. Es erscheint hier an der Meeresküste und aufgelagert auf pliocänen Meeresabsätzen ein Festlandabsatz — ein Lager von Wald- und Sumpfboden mit an Ort und Stelle ihres früheren Wachstums noch befindlichen Baumstümpfen. Dieses Lager senkt sich unter den Meeresspiegel ein und ist oft nur während der Ebbezeit zugänglich. Die darin vorkommenden Pflanzenreste gehören alle der heutigen Flora von Mitteleuropa an. Zugleich erscheint auch noch im Forest bed ein Schwarm von neuen Säugetierarten, die hier zum erstenmale auftauchen und heute in Europa noch fortleben. Darunter sind der Edelhirsch, das Reh, das Wildschwein, das Pferd, der Biber, der Wolf, der Fuchs u. a. Es sind allem Anschein nach Einwanderer aus dem Osten — wahrscheinlich aus Südrußland, Südsibirien, Amur-Land. Nach diesem reichlichen Auftreten von Arten der heutigen Flora und Fauna im Forest bed zieht man am besten hier die Grenzlinie zwischen Tertiär und Quartär. Aber wenn diese solchergestalt auch beiderseits des Kanals la Manche festgestellt ist, so läßt sie sich nicht zu Ablagerungen entfernterer Gegenden verfolgen, sie ist nur örtlich ausgesprochen.

Bald nach Ablagerungen des Forest bed's erscheinen über ganz Mitteleuropa die Anzeichen einer beträchtlichen aber gleichwohl örtlichen und vorübergehenden Verschiebung der klimatischen Zonen. Die Kälte der Nordpolarregion drang bis zu den Alpen, den Karpathen und den Pyrenäen vor. Die Hochgebirge überzogen sich mit einem überaus mächtigen Gletschermantel und dessen vorgeschobene Zungen drangen weit in die vorliegenden Thäler und Ebenen ein. Sie brachten große Mengen von Schutt und Blöcken mit sich und lagerten diese teils zur Seite, teils vor ihrer Stirne ab. So verbreiteten die damaligen Gletscher der Alpen ihren Gletscherschutt bis über den Bodensee hinaus, andererseits bis zur piemontesischen und lombardischen Niederung. Am Rande des Schweizer Jura staute sich dieser Schuttabsatz mächtig bergan.

Aus Skandinavien gelangten Schutt und Blöcke — auf derzeit streitige Weise — bis an den Harz, nach Holland und Calais — sei es durch vorgeschobene Gletscher, sei es durch ein eistreibendes Meer.

Das europäische Klima wurde damals tief herabgedrückt. Nordische und sibirische Pflanzen und Tiere wanderten in Mitteleuropa ein, an ihrer Spitze der behaarte sibirische Elephant oder Mammut, Elephas primigenius. Das Rentier von Lappland weidete damals am Fuße der Pyrenäen und bei Montpellier.

Das war die **Eiszeit** oder **Glacial-Epoche** von Nord- und Mitteleuropa. Ihre Ursachen sind noch mehr oder minder streitig. Der Hauptanlaß scheint ein Anströmen der kalten Gewässer des nördlichen Eismeeres der europäischen Westküste entlang gewesen zu sein.

Die Eiszeit nahm in der Folge ein Ende — wahrscheinlich als die glaciale Meeresströmung sich an die Ostküste von Nordamerika wandte — und die wärmere atlantische Strömung die europäische Westküste zu bespülen begann. In Mitteleuropa trat damals eine Milderung des Klimas ein und mit ihr erfolgte eine neue Wanderung der Flora und der Fauna. Die kälteliebenden Arktiker wichen teils nach dem Norden zurück, teils zogen sie auf die Hochgebirge. Statt ihrer erschienen in Mitteleuropa Pflanzen und Tiere des gemäßigten Klimas, wie sie meist heute hier noch leben.

Mit dieser rückläufigen Wanderung hielt wahrscheinlich auch der **Mensch** seinen Einzug in Europa. Es waren Jagdvölkchen, deren Hauptnahrung das Fleisch des Rentiers und des Pferdes war. Wahrscheinlich waren es Verwandte eines Teils der heutigen Bewohner von Nordasien und vielleicht auch von Nordamerika. Ihre Lebensweise war sehr ähnlich der, welche diese letzteren zum Teil heute noch einhalten. Früher grenzte man nach dem Erscheinen des Menschen Diluvium und Alluvium ab. Jetzt nach besserer Kenntnis nimmt man die Einwanderung des Menschen in Europa als ein weit späteres Ereignis als die Entstehung desselben, welche einem anderen Erdteil und der mittleren oder der jüngeren Tertiärzeit angehören kann.

Das Diluvium verfließt in der That ohne wahrnehmbare Grenze nach oben in das Alluvium, welches namentlich die im Verlaufe der schriftlichen Überlieferung entstandenen Bodenabsätze begreift. Es gibt viele Lager, z. B. von Lehm, Torf u. dergl., die in ihrem unteren Teile diluvial (glacial) sind, während ihr oberer Teil heutzutage noch in Fortbildung begriffen ist.

Die Gesteine des quartären Systemes nehmen nach ihrer Beschaffenheit eine mittlere Stellung zwischen den Tertiärgebilden und den Neubildungen des heutigen Tages ein. Sie sind meist lose oder locker und von der chemischen Umbildung erst wenig oder noch nicht merklich berührt.

Das wichtigste dieser Gesteine ist der **Lehm** mit dem **Löß** oder mergeligen Lehm. Lehm ist ein Thon, gemengt mit einem mehr oder minder starken Betrag von Quarzsand u. dgl., sowie auch mit etwas Eisenocker oder Eisenoxydhydrat. Er findet sich sowohl in Flußthälern als auf sanften Abhängen und auf Hochebenen. In Flußthälern und an Bachabhängen erscheint er auch oft auf zweiter Lagerstätte, d. h. als weggeführtes und dann abermals abgesetztes Material. Löß ist ein kalkhaltiger Lehm mit vielen Schalen von Landschnecken und mit vielgestaltigen Kalkkonkretionen (Lößpuppen). Er bildet an Abhängen oft steile Abstürze, indem sich senkrechte Blätter von ihm ablösen. (Daher auch der Name Löß.)

Die Schneckenschalen im Löß deuten vorzugsweise auf ein feuchtes kühles Klima, wie z. B. das der Gegend von St. Petersburg (mittlere Jahreswärme 4° C.), ferner auf eine geschlossene Grasvegetation des Bodens. Fällt atmosphärischer, der Verwitterung entblößter Felsmassen entstammender Staub auf einen von Gräsern bedeckten Boden, so wird er hier zurückgehalten — um so mehr, je stärker verfilzt der Pflanzenwuchs ist. Dann erhöht sich der Boden und ein Lehm- oder Lößlager wächst hervor. Ist der Boden zugleich feucht, so halten sich darauf mehr oder minder viele Landschnecken auf und ihre Gehäuse werden in das sich anhäufende Lager eingeschlossen, wobei ein Teil verwittert und dem Lehm Kalkgehalt verleiht.

Die älteren schneckenführenden Lager führen an vielen Stellen Knochen von Säugetieren, darunter von mehreren bereits wieder erloschenen Arten, wie dem Mammut, dem sibirischen Nashorn und der Höhlenhyäne. Diese älteren Lößlagen scheinen dem Zeitalter des Abschmelzens der großen Hochgebirgs-Vergletscherung anzugehören.

Nach **Richthofen** erreicht der Löß in China die ansehnliche Mächtigkeit von beinahe 700 Meter. In den Rheingegenden wird er gewöhnlich nur 10—12 Meter mächtig.

Paläontologie.

Einleitung in die Paläontologie.

Als Fossilien — Petrefakten, Versteinerungen, — bezeichnet man alle Ueberreste von organischen Körpern, sei es pflanzlicher oder sei es tierischer Abkunft, die sich in geologischen Sedimenten unter Umständen finden, welche erweisen, daß sie zur Zeit von deren Ablagerung lebten.

Die große Mehrzahl der Arten dieser Fossilien ist ausgestorben. Namentlich ist dies bei allen Funden aus den älteren geologischen Formationen der Fall. Noch in der Kreideformation ist es fast durchgehends so. In der tertiären Periode nimmt die Zahl der ausgestorbenen Arten ab. Doch sind manche Tierarten, namentlich größere jagdbare Säugetiere und Vögel erst in geschichtlicher Zeit ausgestorben; sie sind meist von der Hand des Menschen ausgerottet worden.

Fossilien von heute noch lebenden Arten zeigen sich spärlich in der Kreideformation. Meereskonchylien heute noch fortlebender Arten werden von der mittlerer Tertiärstufe an häufig. Später tauchen auch Reste heutiger Säugetierarten auf — zuerst zahlreich im Forest bed von England oder der sogen. Waldschicht am Grunde der Quartärformation.

Die Paläontologie oder Lehre von den alten Lebewesen begreift also unsere Kenntnisse von jenen Pflanzen und Tieren, welche im Verlaufe der Ausbildung der Erde die jeweilige Erdoberfläche und das Meer bewohnten und deren Reste in den damals gebildeten neuen Bodenschichten sich mehr oder minder vollständig auf unsere Tage erhielten.

Der Erhaltungszustand der solcher Gestalt in den geologischen Sedimenten begrabenen und diesen wieder entnommenen Ueberresten von Pflanzen und Tieren der Urwelt ist sehr verschiedener Art.

Meist erscheinen diese Fossilien in Stein oder in Erz umgewandelt. Dies sind die eigentlichen Versteinerungen oder Petrefakten.

Pflanzenreste sind gewöhnlich in Kohle verwandelt, Hölzer oft verkieselt.

Säugetierknochen in Lehm und Höhlen pflegen nur ihren Gehalt an verwesbaren Substanzen eingebüßt zu haben und sonst fast unverändert geblieben zu sein.

Zu den Fossilien gehören im weitesten Sinne des Wortes endlich auch noch die im gefrorenen Boden von Sibirien mit Haut und Haar erhaltenen Leichen des Mammuts oder sibirischen Elefanten und des Nashorns.

Ueberhaupt ist in der letzten Stufe des quartären Systems kein durchgreifender Unterschied zwischen den letzten Fossileinschlüssen und den recenten oder der geschichtlichen Zeit angehörenden Einschlüssen mehr zu erweisen. Das eine verläuft in das andere, ohne daß eine Grenze wahrzunehmen ist. Auch das erste Erscheinen von Menschenresten in Bodenschichten hat sich — gegenüber der früheren Vermutung — als eine maßgebende Grenze nicht bewährt. In Europa erscheint der Mensch als Einwanderer aus Asien, weiter zurück hat man seine Spuren noch nicht verfolgen können.

Was überhaupt die Abkunft der fossilen wie der lebenden Pflanzenarten und Tierarten betrifft, so gilt dafür im allgemeinen die Lehre, daß die heute entfernt stehenden Formen im Verlaufe ungeheuer langer Zeiträume aus einfacher gebauten und niedriger organisierten Vorfahren hervorgegangen sind.

Dies ist die Abstammungstheorie von Lamarck und Ch. Darwin, die jetzt in der Naturwissenschaft und auch in weiteren Kreisen fast allgemein anerkannt ist und sich nicht mehr umgehen läßt. Nach dieser vielumfassenden Lehre erscheint die gesamte Lebewelt seit undenklichen Zeiten in einem steten nie vollständig unterbrochenen Entwicklungsvorgange begriffen, zu dessen Erzeugnissen auch der Mensch, und zwar als vollkommenste Form und oberster Gebieter erscheint.

Die ältesten Organismen.

Ein gewisser Betrag von Feuchtigkeit und Wärme ist eine wesentliche Bedingung für organisches Leben — sowohl der Pflanze als des Tiers. Wir sind berechtigt anzunehmen, daß dies auch schon zur Zeit der Entstehung der ältesten Organismen der Fall war. Ueber diesen Vorgang wissen wir sonst nur wenig. Wir dürfen uns aber mit Hilfe wohlbegründeter wissenschaftlicher Hypothesen ein Bild zu entwerfen versuchen.

Den ersten Anfang des organischen Lebens auf Erden bildeten wahrscheinlich niedere, erst gering verschiedentlichte und dürftig begabte Lebewesen von jener Stufe, die man Protisten, d. h. Erstlinge oder Anfangsformen des organischen Reichs genannt hat. Zu ihnen gehören namentlich die von E. Häckel zuerst beschriebenen Moneren, die teils das Meer, teils das Süßwasser bewohnen. Ihr Körper ist Schleim. Es ist ungegliederte belebte Substanz, vorzugsweise aus Eiweis oder Albumin und Wasser bestehend — eine bewegliche Schleimmasse, deren Bewegungen aber noch nicht die Merkmale willkürlicher Tierbewegung wahrnehmen lassen. Man nennt diese belebte schleimige Substanz Sarkode, Plasma oder Protoplasma.

Erst oberhalb dieser, die niedersten Lebensformen begreifenden Stufe scheiden sich die pflanzliche und die tierische Seite. Was einen Gehalt an Zellulose oder Holzfaserstoff und an Chlorophyll oder Blattgrün erkennen läßt, alles was Kohlensäure einatmet, ist dann Pflanze — alles aber was deutliche Willkür-Bewegung zeigt, gilt von da an als Tier.

Jene niederen, noch mehr oder minder zwischen Pflanze und Tier schwankenden Lebewesen besitzen heut zu Tage eine so weiche und vergängliche Körperbeschaffenheit, daß sie in Bodenabsätzen keine fossilen Reste zu hinterlassen vermögen und daher im Archiv der geologischen Formationen vollständig fehlen. Auch die hypothetischen ältesten Lebensformen entbehrten fester erhaltungsfähiger Teile. Ihr Leib verfiel nach dem Absterben rasch wieder dem Kreislauf der Elemente, ohne irgend Spuren seines ehemaligen Daseins zu hinterlassen.

Wir kennen daher weder den ersten Anfang des organischen Lebens auf Erden mit Bestimmtheit, noch die ältesten daraus hervorgegangenen Anfänge der Pflanzenwelt und der Tierwelt. Wir sind bezüglich beider lediglich auf Hypothesen angewiesen, die allerdings einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit herzustellen vermögen.

In dieser Hinsicht interessieren uns zunächst die Einlagerungen von Kalkstein und von Graphit in der Formation der krystallinischen Schiefer. Sie erscheinen in

diesen in so regelmäßiger und ganz gleichmäßiger Einschaltung, als wären sie ursprüngliche Absätze des Meereswassers.

Zur Häufigkeit der Lager von körnigem Kalk (Marmor, Urkalk) in den krystallinischen Schiefern nehme man nun den Umstand, daß Kalklager in den jüngeren Formationen hauptsächlich aus Anhäufungen kalkiger von Pflanzen und Tieren ausgeschiedener Substanzen entstanden. Dies läßt vermuten, daß auch in den ältesten Meeresgewässern schon kalkabscheidende Pflanzen und Tiere lebten und durch Anhäufung fester Kalkteile mehr oder minder mächtige Kalklager erzeugten. Das Material dieser Kalkorganismen erhielt sich, nahm aber krystallinisch-körnige Gestalt an.

Während einer Reihe von Jahren glaubte man auch einen jener belebten Kalklager-Erbauer in gewissen Kalklagern, die dem Gneis untergeordnet sind, in fossiler Erhaltung aufgefunden zu haben und erteilte ihm den Namen Eozoon (von eos Morgenröte und zoon Lebewesen). Es sind Knollen von verschiedener Größe (zum Teil über 0,3 Meter im Kubik) mit einigermaßen parallelen unregelmäßig konzentrischen Lagen von körnigem Kalk und Serpentin. Man hat sie als Ueberreste von sehr großen Rhizopoden oder Foraminiferen gedeutet und darnach die Lagen von körnigem Kalk für Wandungen des ehemaligen Gehäuses, die Lagen von Serpentin für Ausfüllung von dessen Kammerräumen genommen. Inzwischen haben sich aber zahlreiche Stimmen gegen eine solche Deutung der sogenannten Eozonen erhoben.

Graphit findet sich gleich dem körnigen Kalk in regelrechten Lagern im Gebiet von Gneis und Glimmerschiefer. Er gilt aus ähnlichen Gründen als eine umgewandelte Ablagerung von Pflanzenresten, etwa von stark verholzten Stengeln von Meeres-Fucoiden. Die Umwandlung der Pflanzensubstanz ist dann hier bis zur Ausscheidung von krystallinischem Kohlenstoff vorgeschritten.

Tafel III.

Die silurische Epoche.

Spärlich sind organische Reste noch im Gebiete des sogenannten Urthonschiefers oder den sogenannten Cambrischen Schichten, die bald als obere Abteilung der krystallinischen Schieferformation, bald als untere der Silurformation betrachtet werden.

Von diesen Cambrischen Fossilien betrachten wir nur eine Art,

Fig. 1 Oldhamia radiata, aus Schiefern von Irland. Es ist ein gegliederter, an den Abgliederungen hin und her geknickter Stengel. An den Gliedern strahlen Zweige in Fächerform aus. Dieses Fossil ist noch sehr rätselhaft, es kann von Meeresalgen (Fucoiden) oder von Quallenpolypen (Hydroiden) herstammen.

Viele Lager der eigentlichen Silurformation sind reich an Meeresfossilien aus verschiedenen Klassen, oft noch in sehr gutem Erhaltungszustand.

Das Pflanzenreich ist hauptsächlich durch Meeresalgen oder Fucoiden vertreten. Sie finden sich gern in besonderen Schichten zahllos zusammengehäuft und scheinen dabei bisweilen Lager von Alaunschiefer, der Thon mit Anthracit und Schwefelkies enthält, gebildet zu haben. Sie sind aber meistens nur schlecht erhalten. Es gab in der Silurzeit auch schon Festland mit Landpflanzen. Man kennt als seltene Funde Ueberreste von Farnen und von Lepidodendren oder bärlappartigen Holzpflanzen.

Weit überwiegend ist die Zahl der aus der silurischen Formation bekannt gewordenen Arten damaliger Meerestiere. Man kennt daraus etwa 10,000 Arten und entdeckt in ihren Gesteinen fortwährend deren noch neue.

Durch das ganze silurische System häufig, aber meist in besonderen feinerdigen Schiefern angesammelt finden sich

Fig. 6—11 die Graptolithen, von denen mehrere Arten etwas vergrößert dargestellt werden. Diese Fossilien sind früher sehr verschiedentlich gedeutet worden. Jetzt betrachtet man sie als Ueberreste von Quallenpolypen oder Hydroiden.

Korallen oder Anthozoen sind in den silurischen Kalklagern oft häufig und bilden stellenweise Bänke oder Riffe von ansehnlicher Ausdehnung, so auf der Insel Gotland. Zu ihnen gehört

Fig. 3 Halysites catenularia, auch Catenipora genannt, eine sogenannte Röhrenkoralle, die auf Gotland und England gefunden wird.

Fig. 2 Astraeospongium meniscus, aus den silurischen Schichten von Tenessee (Nordamerika) erinnert auf den ersten Anblick an eine sechsstrahlige Sternkoralle, ist aber ein Meeresschwamm mit sechsstrahligem Skelett oder ein Hexactinellide.

Crinoideen oder Seelilien mit radiär gebautem, becherförmigem, vielgegliederte Arme tragendem und mittelst eines gegliederten biegsamen Stiels am Meeresboden festsitzendem Körper, finden sich in manchen silurischen Kalklagern schon häufig.

Ihnen verwandt war die nur aus silurischen Schichten bekannte Ordnung der Cystideen mit meist kugelichem Körper, kurzen Armen und kurzem Stiel. Zu denselben gehören unter andern

Fig. 16 Echinosphaerites aurantium aus dem untersilurischen Kalk von Pulkowa bei St. Petersburg. Die Abbildung zeigt den mit Kalktäfelchen gepanzerten Körper und an der einen Seite etwas gegen oben eine aus 5 Tafeln bestehende Pyramide. Wahrscheinlich war dies bei Lebzeit des Tiers eine aus beweglichen Klappen gebildete Vorrichtung.

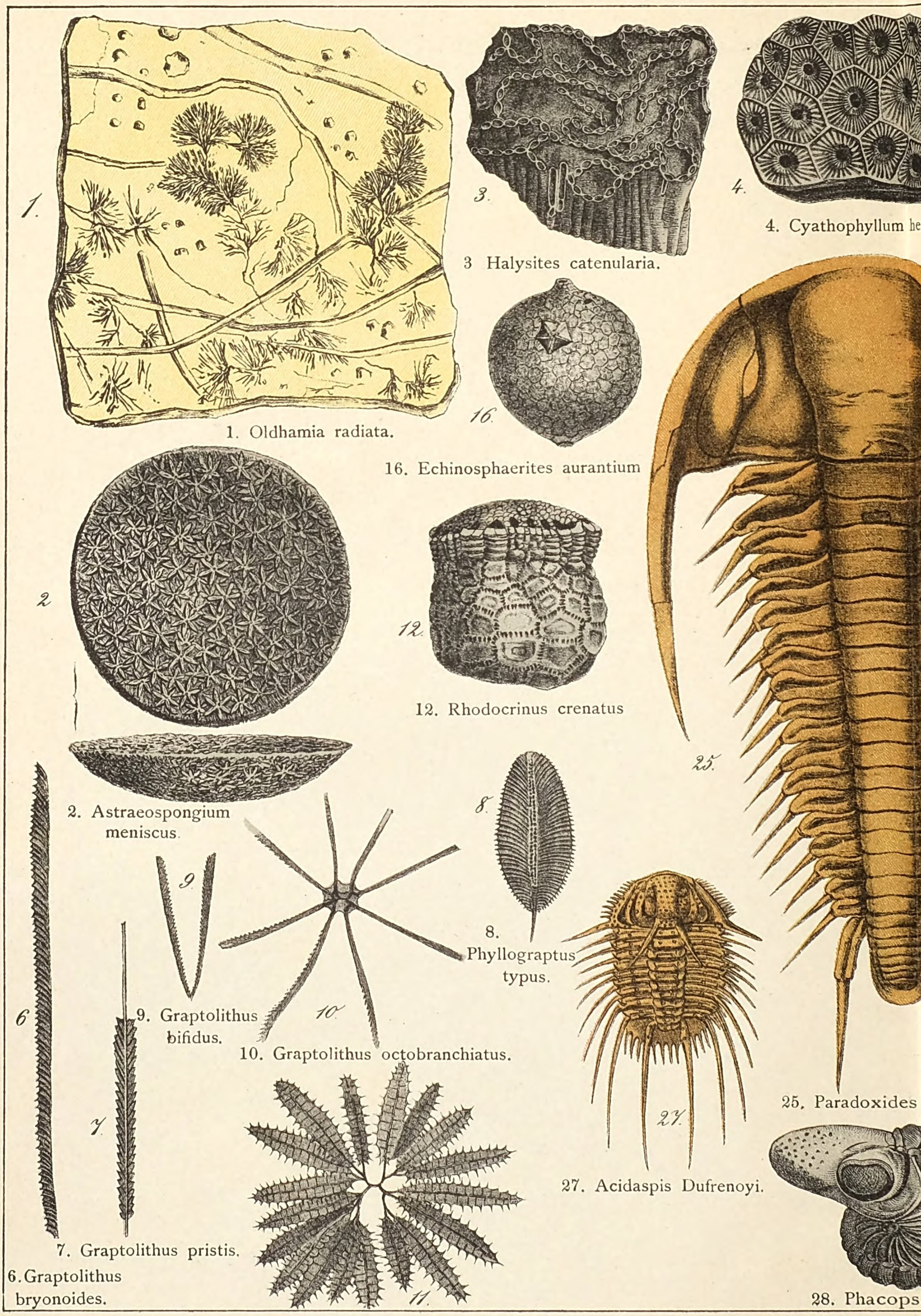
Reste von Schaltieren oder Mollusken, (Konchylien) sind häufig im silurischen System, besonders in gewissen Kalklagern. Vertreten sind schon die vier Hauptklassen der Brachiopoden (Armfüßer) der Acephalen (Muscheln) der Gasteropoden (Bauchfüßer, Schnecken) und der Cephalopoden (Kopffüßer).

Am meisten im Gegensatz zu der Bevölkerung der heutigen Meere stehen

Fig. 22—24 die Cephalopoden der silurischen Schichten. Zu ihnen gehören unter andern die Orthoceren, die Gomphoceren und die Goniatiten. Ihr nächster lebender Verwandter ist der Nautilus Pompilius der Südsee.

Das Gehäuse dieser Cephalopoden ist eine bald gerade, bald spiralig eingerollte Kalkschale mit einer großen vorn gelegenen Wohnkammer und mit zahlreichen dahinter abgeschieden Luftkammern. Ein fester, durch eine kalkige Hülle geschützter Strang, der Sipho, zieht sich vom Hinterteile des Tieres durch alle Luftkammern bis an den ersten Anfang des Gehäuses. Die Scheidewände heften sich in verschiedener Weise an die Schale — einfach in gerader Linie bei Orthoceras und Gomphoceras —, in sanften Wellenlinien bei Nautilus — in mehr oder minder scharf gebrochener Linie bei Goniatites und vielen anderen Gattungen.

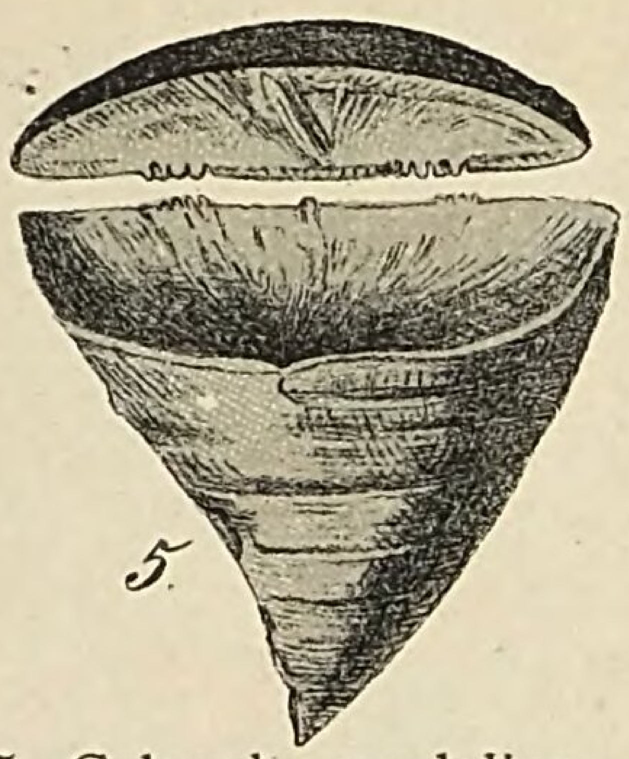
In noch stärkerem Gegensatz zur heutigen Meeresbevölkerung steht von silurischen Krustaceen oder Krustentieren die Ordnung der Trilobiten, deren heutiger nächster Verwandter der in stehendem Süßwasser lebende Kiemenfuß, Apus cancriformy ist. Sie besaßen wie dieser anstatt der Füße wahrscheinlich weiche Kiemenblätter, mittelst deren sie schwammen und atmeten. Ihr harter Hautpanzer findet sich häufig in silurischen Schichten



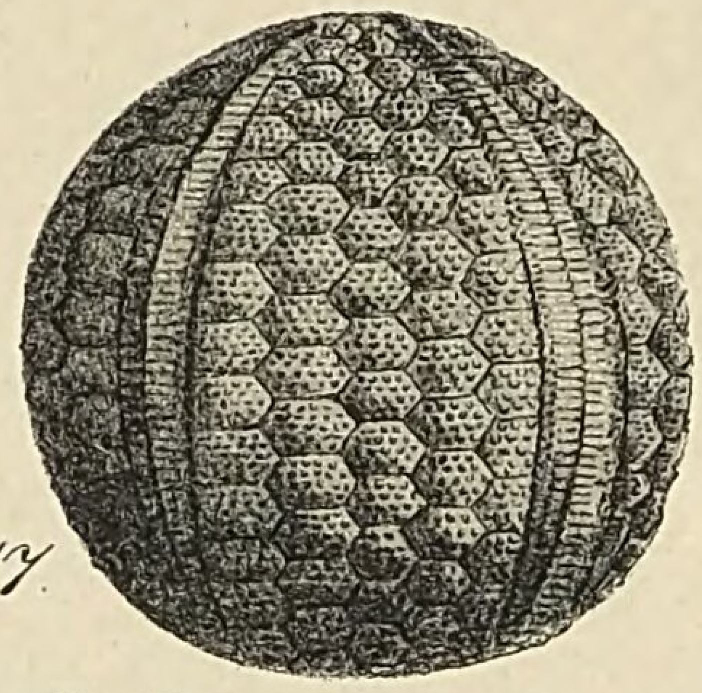
11. Retiograptus eucharis.



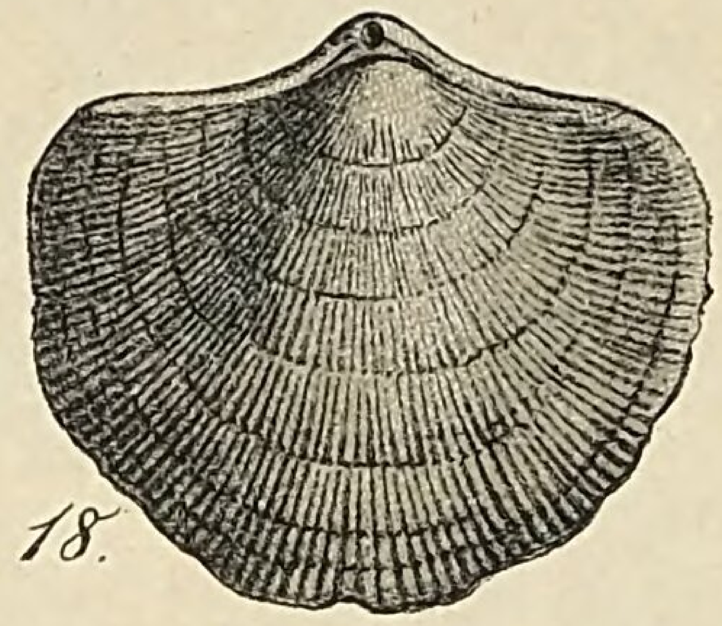
lum hexagonum.



5. Calceola sandalina.

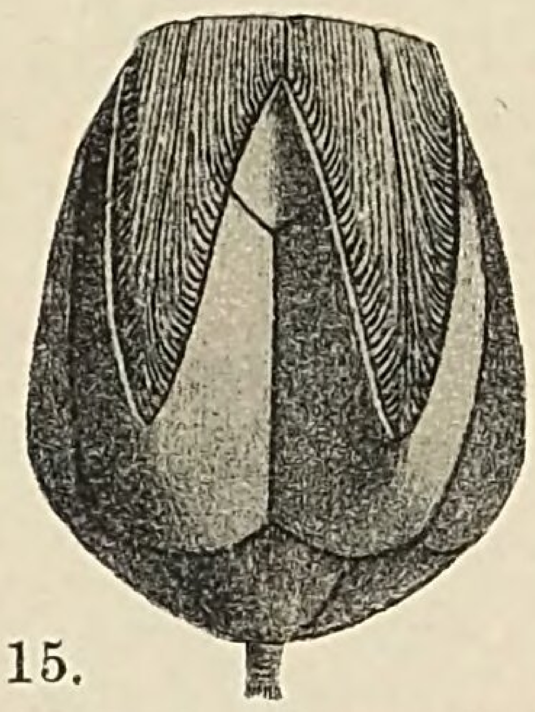


17. Palaechinus elegans.

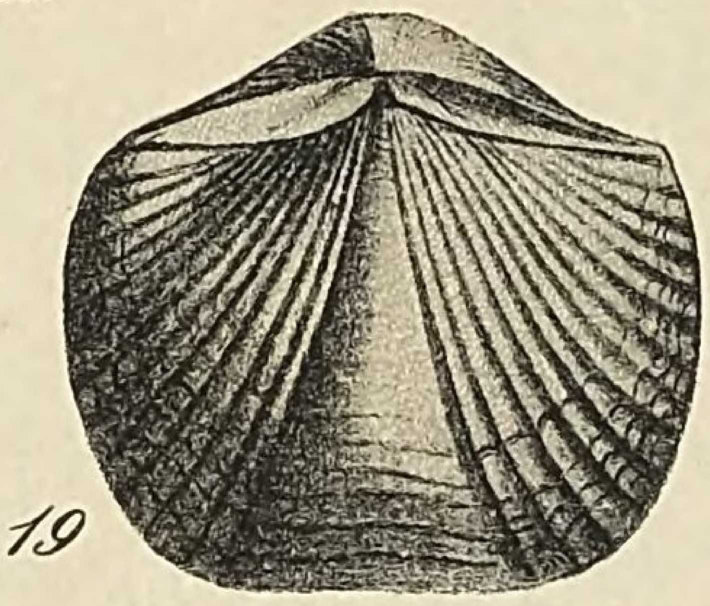


18. Atrypa reticularis.

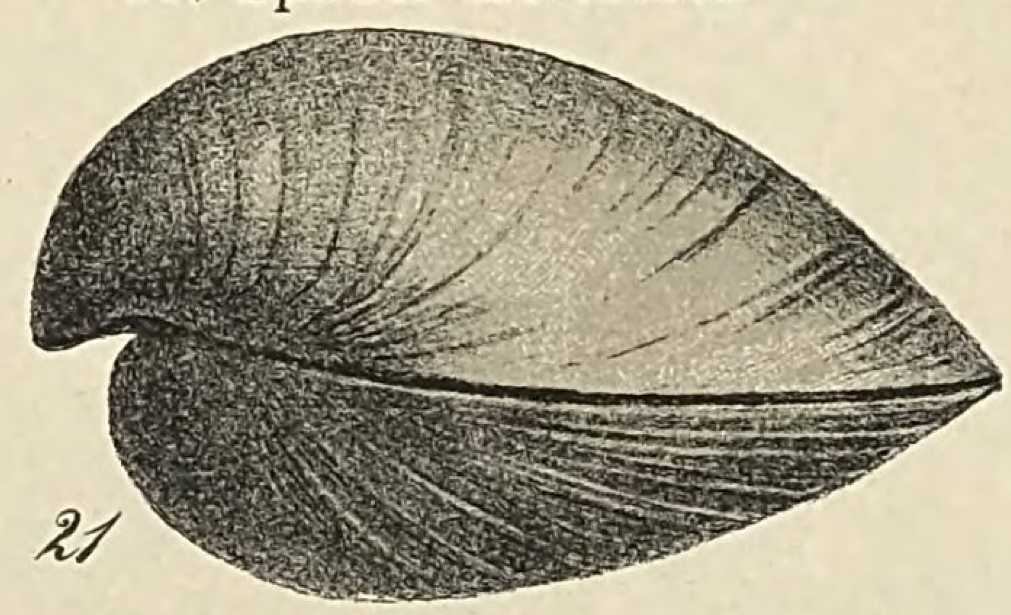




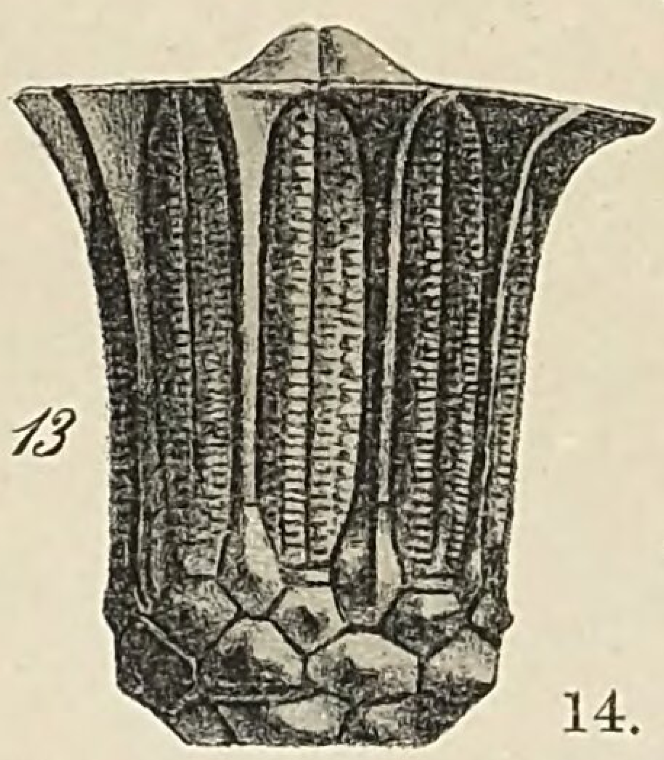
15. Pentatrematites sulcatus.



19. Spirifer laevicosta.



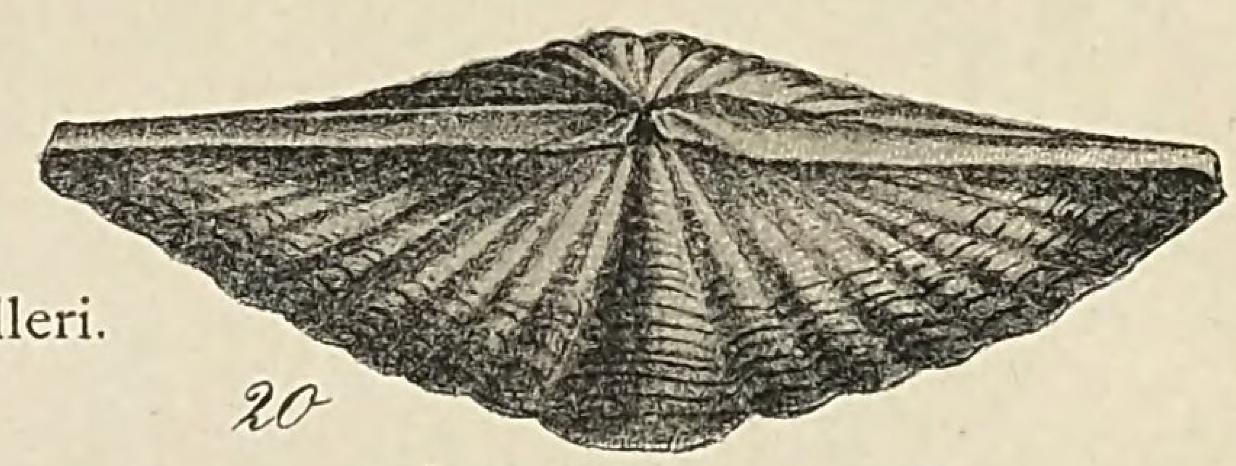
21. Stringocephalus Burtini.





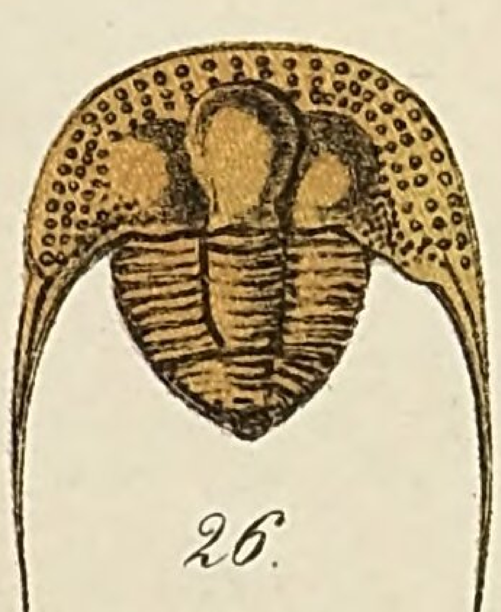
14. Atocrinus Milleri.

13. Eucalyptocrinus rosaceus.

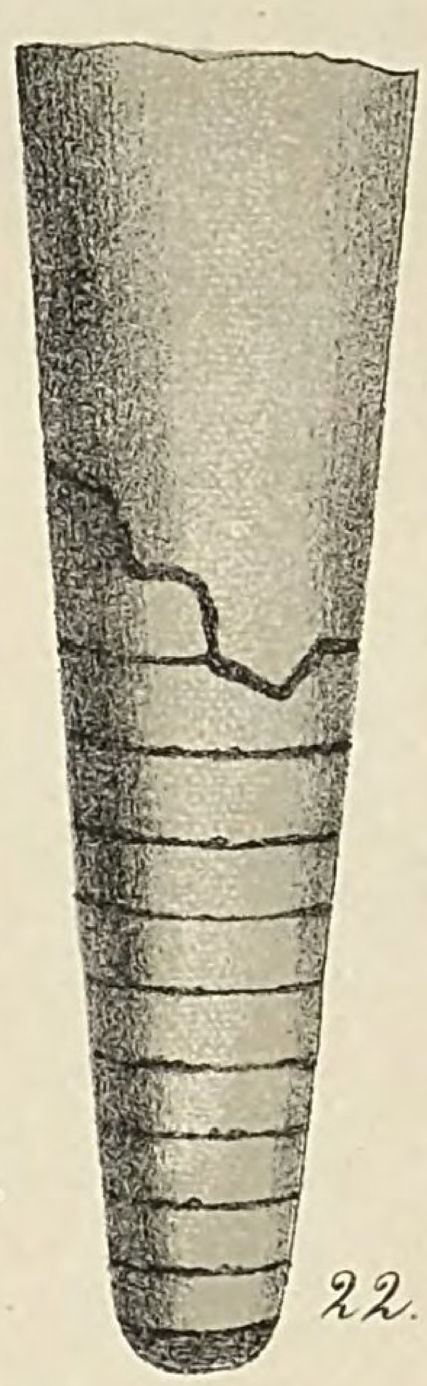


20. Spirifer speciosus.

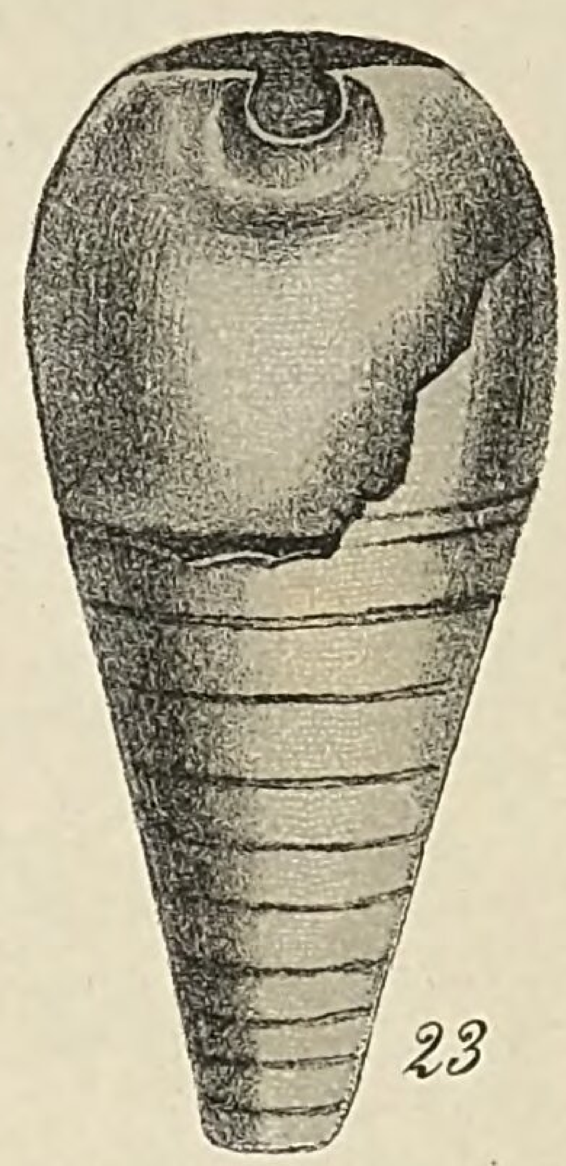
des bohemicus.



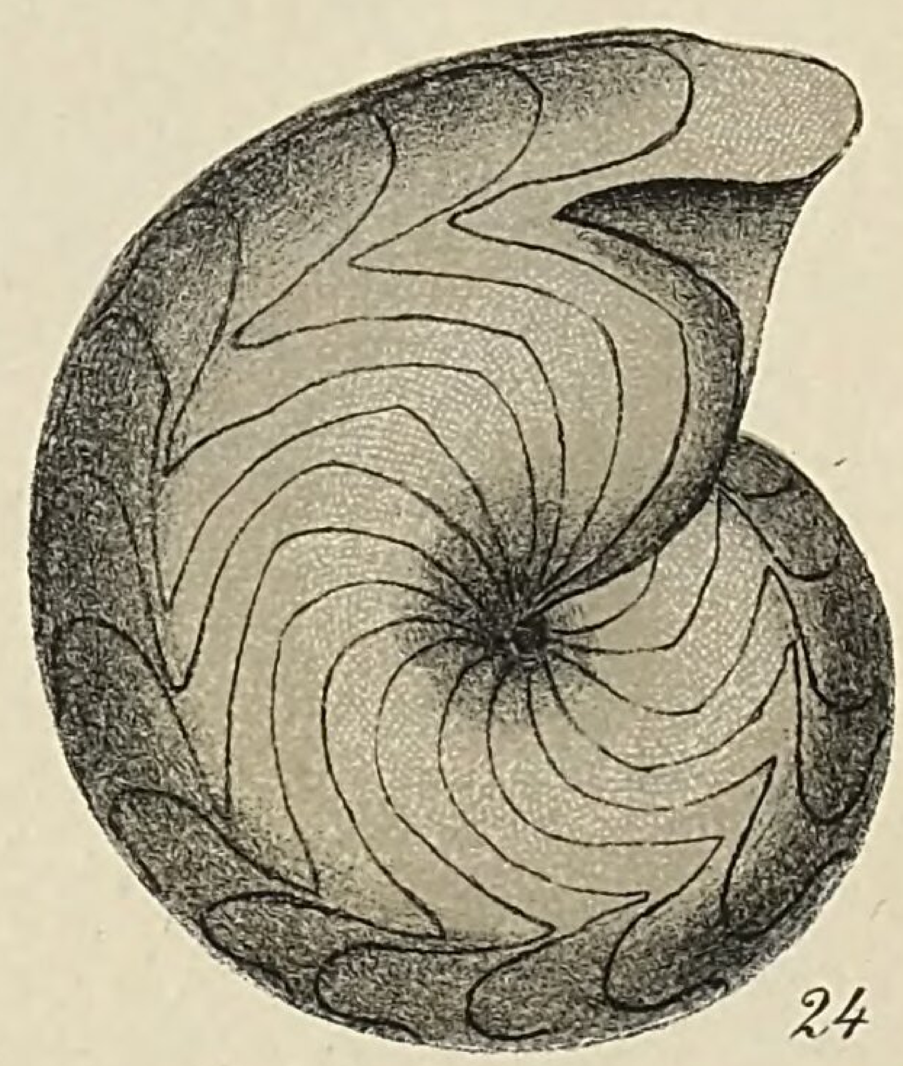
26. Trinucleus ornatus.



22. Orthoceras.



23. Gomphoceras.



24. Goniatites rotatorius.



ps cephalotes.

erhalten, namentlich in manchen Kalklagern. Er zeigt meistens eine sehr deutliche Dreiteilung in ein Kopfschild, ein vielgegliedertes Rückenschild und ein Schwanzschild. Dazu kommt gewöhnlich noch eine ebenfalls mehr oder minder deutliche Dreiteilung parallel der Längsachse des Körpers, die namentlich über das Rückenschild ausgeprägt zu sein pflegt.

Von diesen Trilobiten betrachten wir vier silurische Arten näher.

Fig. 25 Paradoxides bohemicus, aus dem untersilurischen Schiefer von Ginetz in Böhmen, erreicht 16 Zentimeter Länge und darüber. Dies ist einer der größten Trilobiten. Der Rand des Kopfschildes und die 19 queren Segmente des Rückenschildes, sowie das vorderste des kleinen Schwanzschildes verlaufen in lange zurückgewendete Stacheln.

Das Kopfschild zeigt einen breiten flachwölbigen Mittelwulst oder die sogenannte Glabella und auf den beiden Seitenstücken je eine sichelförmige Augenfläche (ohne Facetten).

Fig. 26 Trinucleus ornatus, aus dem silurischen Sandstein von Wessela in Böhmen, ist einer der kleineren Trilobiten, aber eine sehr ausgezeichnete Form. Das Kopfschild führt einen breiten flachen reihenweise durchbrochenen Saum, der jederseits nach hinten in einen sehr verlängerten Stachel sich fortsetzt.

Fig. 27 Acidaspis Dufrenoyi, aus dem silurischen Kalk von St. Iwan in Böhmen, setzt am ganzen Umfang des Panzers sich in längere oder kürzere Stacheln fort. Auch das Kopfschild trägt hinter der Glabella noch zwei lange Stacheln.

Fig. 28 Phacops cephalotes, aus dem silurischen Kalk von Karlstein in Böhmen, zeichnet sich durch gerundete Formen aus. Die Glabella ist breit und vorn vorgezogen. Die Augen sind groß und mit Facetten bedeckt, die einen ähnlichen Bau wie die heute lebender Crustaceen und Insekten zeigen. Diese und andere Arten dergleichen Gattung finden sich oft nach Art der Asseln zusammengekugelt.

Als seltene Funde kennt man seit einigen Jahren aus silurischen Ablagerungen auch einige Skorpione wie Palaeophonus nuncius von Gotland und ein Insekt Palaeoblattina aus der Normandie (Calvados). Diese spärlichen Funde lassen uns gleichwohl ahnen, daß das Festland der Silurzeit nicht nur eine grüne Vegetation, sondern auch schon eine reichliche Landfauna, deren höchst stehende Vertreter Skorpione und Schaben waren, beherbergt haben mag.

Reste von Fischen beginnen erst in den oberen silurischen Schichten, es sind Vertreter der Ordnungen der Haie oder Selachier und der Schmelzschupper oder Ganoiden. In diesen Lagern finden sich aber nur zerstreute Zähne, Flossenstacheln und Schuppen von Fischen erhalten. Ganze Skelette von solchen kennt man erst aus der nächstfolgenden Formation.

Die devonische Epoche.

Ihre Fossilreste tragen noch sehr denselben Charakter wie die aus silurischen Schichten, es zeigen sich aber auch schon Beweise von allmählichem Fortschritt und langsamer Vervollkommnung der Flora und Fauna, namentlich, wie es scheint, aber der Landbevölkerung.

Festlandpflanzen treten reichlicher auf. Es sind vorzüglich noch Kryptogamen aus den Klassen der Calamiten (Equisetaceen), Farnen und Lycopodiaceen. Dazu kommen aber auch schon Vertreter der Coniferen oder Nadelhölzer.

Die silurische Meeresfauna setzt sich meistens in sehr ähnlicher Weise in die devonische fort und einzelne Arten reichen aus der einen in die andere. Dabei fehlt es auch nicht an auffallenden Gegensätzen; so erscheinen die in den silurischen Schichten zahlreich vertretenen Graptolithen und Cystideen mit Beginn des devonischen Zeitalters erloschen und die Trilobiten sind von da an im Abnehmen.

Wir wollen einige devonische Fossilien näher ins Auge fassen. Zuerst zwei Arten von Korallen.

Fig. 4 Cyathophyllum hexagonum aus dem devonischen Kalke von Bensberg bei Köln, Belgien und England gehört zu den bezeichnendsten Formen ihres Zeitalters. Sie besteht aus einer scheibenförmigen Familie von Kelchen oder verwachsenen Individuen. Jeder Kelch ist polygonal, viele sechseckig. Er zeigt zahlreiche Sternlamellen oder Septen, es sollen deren 45 sein. Die Familie vermehrt sich durch Knospung eines neuen Kelches an der Seite eines älteren.

Fig. 5 Calceola sandalina, die sogen. „Pantoffelmuschel" der älteren Paläontologen, ist nach neueren Ermittelungen keine Muschel, sondern eine mit einem Deckel versehene, zusammengedrückte, zweiseitige, einzeln lebende Sternkoralle. Die Septen zeigen sich an der Innenseite des Kelches nur durch erhabene Linien vertreten. Calceola sandalina findet sich besonders häufig im devonischen Kalk zu Gerolstein in der Eifel.

Die Crinoideen sind im devonischen System reichlich vertreten. Einer der schönsten Funde ist der Körper von

Fig. 12 Rhodocrinus crenatus, von Gerolstein in der Eifel.

Nicht minder in die Augen fallend ist der Körper von

Fig. 13 Eucalyptocrinus rosaceus. Diese Art kommt mit voriger zusammen vor.

Unter den Meeresschaltieren der devonischen Zeit sind die Brachiopoden noch fast allenthalben vorwiegend. Eine der häufigsten Arten ist

Fig. 18 Atrypa reticularis. Sie beginnt schon in den oberen silurischen Schichten und reicht von da ununterbrochen durch das devonische System. Sie findet sich häufig zu Gerolstein in der Eifel, zu Bensberg bei Köln und zu Grund bei Klausthal.

Andere für das devonische System bezeichnende Brachiopoden sind

Fig. 19 Spirifer laevicosta (ostiolatus) und

Fig. 20 Spirifer speciosus.

Fig. 21 Stringocephalus Burtini ist nicht minder charakteristisch. Dies ist einer der größten Brachiopoden und in der Seitenansicht einigermaßen einem Eulenkopfe ähnlich, worauf sich der Gattungsname bezieht. Das schönste Vorkommnis im devonischen Kalke von Paffrath bei Köln.

Die Fische, die zuerst im obersten Teil der silurischen Schichtenfolge sich zeigten, erscheinen in der devonischen Formation zahlreicher, namentlich im sogenannten alten roten Sandstein (old red sandstone) von Schottland und von Süd-Wales. Es sind hier meist Ganoiden oder Schmelzschupper, sie liefern zum Teil ausgezeichnete zusammenhängende Skelette. Es lassen sich unter ihnen drei Ordnungen unterscheiden, gepanzerte Ganoiden, eckschuppige und rundschuppige. Von ihnen sind die gepanzerten im devonischen System besonders zu Hause, sie tragen einen Panzer von starken Knochentafeln, ähnlich denen, welche heutzutage bei den Stören sich zeigen, die man auch als deren Nachkommen betrachten darf.

Von landbewohnenden Tieren haben sich in der Devon-Formation bis jetzt noch keine Reste gefunden. Gleichwohl muß es deren schon gegeben haben, denn es gab damals ein Festland mit Pflanzenwuchs. Darauf mögen auch wohl schon Landtiere gelebt haben, um so mehr als wir deren — besonders Scorpione — bereits aus den silurischen Schichten kennen gelernt haben. Auf dem devonischen Festland aber dürfte es auch schon Amphibien gegeben haben.

Die Steinkohlen-Epoche

oder die karbonische Zeit folgt der devonischen unter starkem Gegensatz des Verhältnisses zwischen Meer und Festland. Das letztere tritt hier zum erstenmale bedeutend in den Vordergrund und mit reichlicher Bewaldung bedeckt, sowie auch von mancherlei Landtieren bewohnt.

Die Fossilien der Meeres-Fauna der Steinkohlen-Epoche schließen sich im allgemeinen Charakter wieder nahe denen des devonischen Systems an. Aber der Wechsel der Formen dauert fort, ältere Arten treten zurück, neue stellen sich für sie ein. Wir betrachten einige karbonische Meeresfossilien näher.

Von Crinoiden bilden wir auf **Fig. 14** den Körper eines Platycrinus (Atocrinus) Milleri mit fünf mehrmals sich gabelnden Armen ab.

Fig. 15 Pentatrematites sulcatus, aus dem Kohlenkalk von Illinois, (Nordamerika) ist ein Blastoidee oder eine Knospenlilie. Diese erloschene Ordnung ist im Kohlenkalk am reichhaltigsten vertreten und erlischt gleich darnach. Sie schließt sich den Crinoideen und den Cystideen zunächst an, bietet aber in den Einzelheiten ihres Körperbaues noch manches Rätsel.

Fig. 17 Palechinus elegans aus dem Kohlenkalk von Irland ist ein Seeigel mit kugligem Gehäuse, an welchem man 35 Reihen von Kalktäfelchen wahrnimmt. Es sind darunter fünfmal zwei Reihen porentragender Täfelchen oder Ambulacral-Reihen. Die übrigen fünf mal fünf bilden die Zwischenfelder mit den Interambulacral-Reihen. Die Täfelchen derselben tragen Wärzchen, auf denen noch keine Stacheln saßen.

Von den zahlreichen Meeresschaltieren des Kohlenkalks heben wir nur einen Goniatiten hervor

Fig. 24 Goniatites rotatorius aus dem Kohlenkalk von Belgien und Indiana. Es ist eine der größeren Arten mit zusammengedrücktem Gehäuse und engem Nabel. Die Nahtlinie bildet an der Seite einen zurückgewendeten spitzen Winkel, den Seitenlobus. Ihn begrenzen zwei sanfte nach vorn gewendete Schwingungen der Nahtlinie, Sättel genannt.

Tafel IV.

Noch bilden wir einen federartig ausgebreiteten Bryozoen oder eine Mooskoralle,

Fig. G. Ptylopora pluma und einen am Rande der größeren Klappe mit langen röhrenförmigen Stacheln besetzten Brachiopoden,

Fig. H. Chonetes Dalmani, ab.

Ganz anders tritt während der Steinkohlenepoche die Landflora in den Vordergrund und zwar mit einer so üppig wie sonst nie entwickelten Sumpfvegetation. (Siehe Tafel V.)

Ihr maßgebender Vertreter ist die Gattung Sigillaria mit ihren weit hinausstrahlenden und wiederholt sich gabelnden Wurzeln, die man auch als Stigmarien bezeichnet. Sie stellte die vorwiegende Vegetation der Sumpfe dar und erzeugte durch ihre massenhafte Holzproduktion die zahlreichen, gewöhnlich zu mehreren über einander folgenden Steinkohlenflötze.

Jedes solche Flötz ruht auf einem von Wurzeln filzartig durchsetzten Lager von Schieferthon oder sogenanntem Stigmarien-Thon. Dies ist ein alter Sumpfboden und die Steinkohlenflötze entsprechen den auf diesem Boden gewachsenen Sigillarien-Waldungen, deren Holzreichtum sich alsbald an Ort und Stelle ablagerte und darnach im Laufe der Zeit und infolge allmählicher Zersetzung sich in Steinkohle umwandelte.

So groß auch die Üppigkeit dieser Sumpfwaldvegetation war, erscheint doch der Reichtum derselben an Familien, Gattungen und Art noch sehr unbedeutend im Vergleich mit der heutigen Festlandsflora unseres Planeten.

Die Steinkohlenbildung zeigt fast nur kryptogamische Gefäßpflanzen, namentlich Farnen, Calamiten, Lycopodiaceen, Lepidodendren und Sigillarien. Es gab damals wahrscheinlich auch zahlreiche Zellenpflanzen. Aber diese besaßen nur ein ganz weiches Gewebe ohne verholzte Zellwandungen. Sie konnten sich daher nicht fossil erhalten, sondern fielen früh der Fäulnis und Verwesung anheim.

Von Phanerogamen zeigt die Steinkohlenflora nur einige Cycadeen und Coniferen. Letztere sind durch Araucarien vertreten und mögen damals wohl die Waldungen des trocknеren Festlandgebietes und der Gebirge gebildet haben.

Die Zahl der bis jetzt bekannt gewordenen fossilen Arten der Steinkohlenflora soll sich auf mehr als 800 belaufen. Davon gehören 700 den Gefäß-Kryptogamen an.

Ihr allgemeiner Charakter ist tropisch und zwar unter allen heutigen Breiten — auch im Polarkreis. Man kann darnach die mittlere Wärme der damaligen Erdoberfläche zu beiläufig 25° C. oder noch etwas darüber veranschlagen.

Betrachten wir die Hauptformen der Steinkohlenflora etwas näher.

Fig. D. die Calamiten (Stammstück und **Fig. D 2** Unterende eines Stammes) sind wirtelig verästelte, ansehnliche Stämme bildende Gefäßkryptogamen, die nächsten Verwandten der heute lebenden Equiseten oder Schachtelhalme. Die Stämme oder Schafte sind quer gegliedert und langgefurcht. Ihre Oberfläche trägt breite flache, durch engere Furchen getrennte Längsrippen, die bis zur nächsten Ringlinie hinaufreichen und hier mit denen des nächst jüngeren Geschosses alternieren. Auf den Rippen dicht unter der Abgliederung bemerkt man meist je ein erhabenes Knötchen. Es gilt als Rest eines Gefäßstranges, der aus dem Holzkörper des Stammes in ein Blatt austrat. Der Stamm enthielt einen ansehnlichen Markkörper mit einem weiten Luftgang in jedem Geschoß. Seine Höhe geht bis zu 10—12 Meter oder noch mehr.

Die Asterophylliten sind kleinere Gewächse mit 3 Teilen wirteliger Verzweigung und mit ebenfalls wirtelig gestellten schmalen am Grunde freien Blättern. Man hielt sie früher für eigene Pflanzen, aber die neueren Paläontologen betrachten sie meist als Zweige von Calamiten. Manche Zweige derselben sind auch fruchttragend. Die Annularien wie z. B.

Fig B. Annularia fertilis sind gleich wie die Asterophylliten kleinere Gewächse von wirteliger Tracht, aber die Blätter sind breiter, gedrängt und von ungleicher Länge.

Die Farne erscheinen in der Steinkohlenformation besonders durch Wedel oder Blätter vertreten.

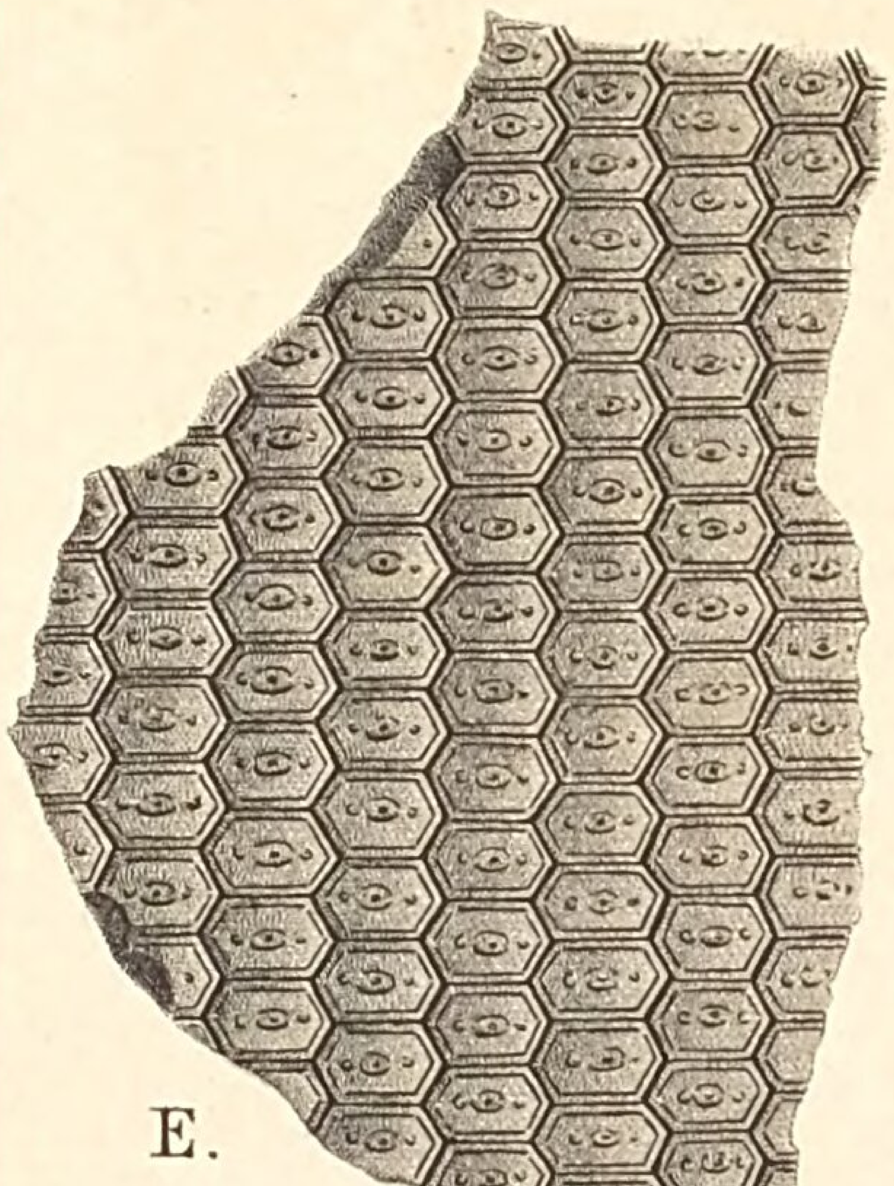
Fig. C. zeigt den Wedel einer Sphenopteris. Seltener sind fossil erhaltene Stämme von Farnen.

Die Lycopodiaceen oder Bärlappgewächse sind in denselben Schichten schon durch ansehnliche Stämme und Zweige vertreten, bleiben aber spärliche Funde.

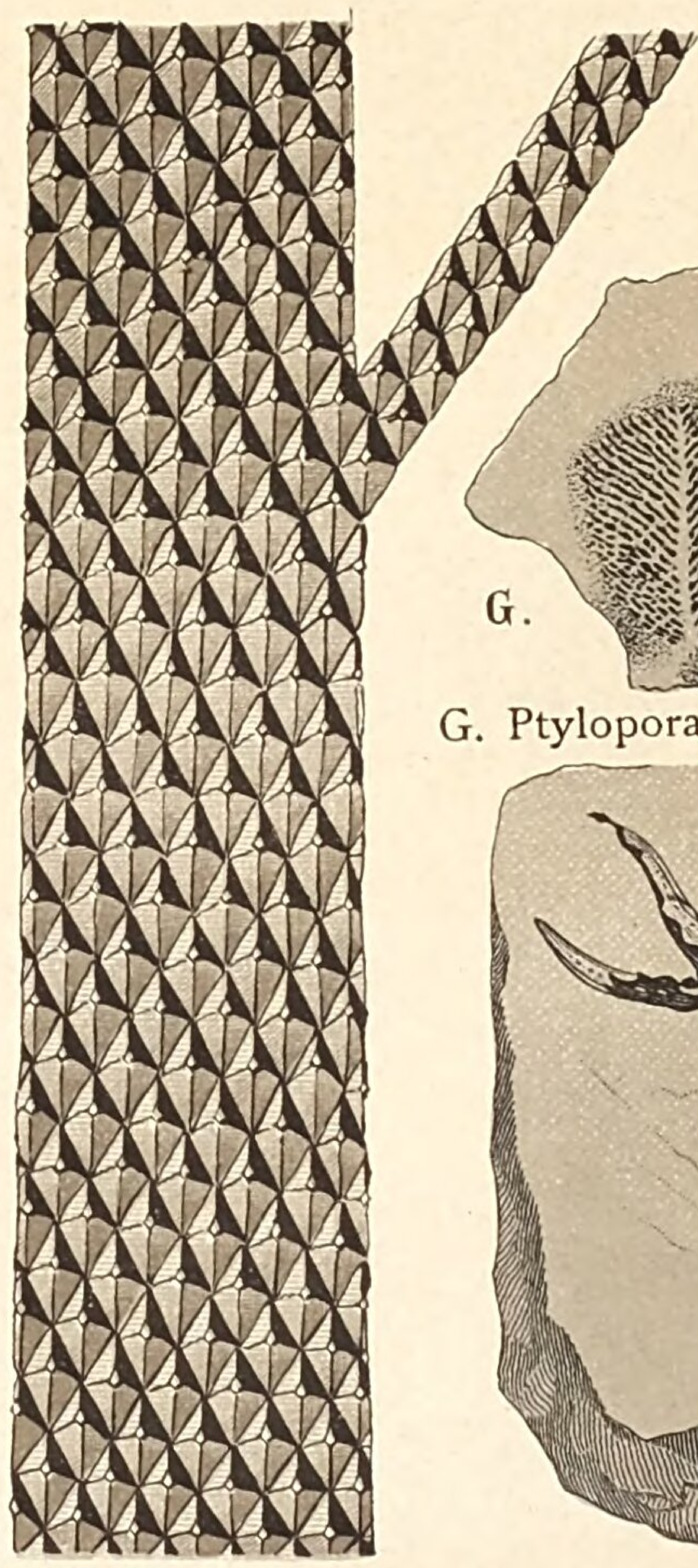
Desto bedeutender tritt die erloschene Klasse der Lepidodendreen oder Schuppenbäume in den Vordergrund. Sie bilden schlanke, gegen oben gabelteilige bis zu 20 und 30 Meter Höhe erreichende Stämme. Die Rinde desselben bilden spiralig verlaufende dicht gedrängte kantige, gewöhnlich rhombenförmige Blattnarben und verleihen ihr das Aussehen eines Schuppenpanzers. Wir bilden eine Art ab

Fig. F. Lepidodendron elegans.

Eine andere Klasse der Gefäßkryptogamen jenes Zeitalters bilden die Sigillarien oder Siegelbäume. Es sind ansehnliche Stämme mit in die Länge gezogenen, von Furchen umzogenen und erhabenen Feldern. Letztere sind Blattnarben und man erkennt auf ihrer Mitte noch drei kleinere Närbchen, die den Austritt von Gefäßsträngen in die ehedem hier aufsitzenden Blätter noch andeuten. Die Stämme der Sigillarien erreichten 12, auch wohl 20—25



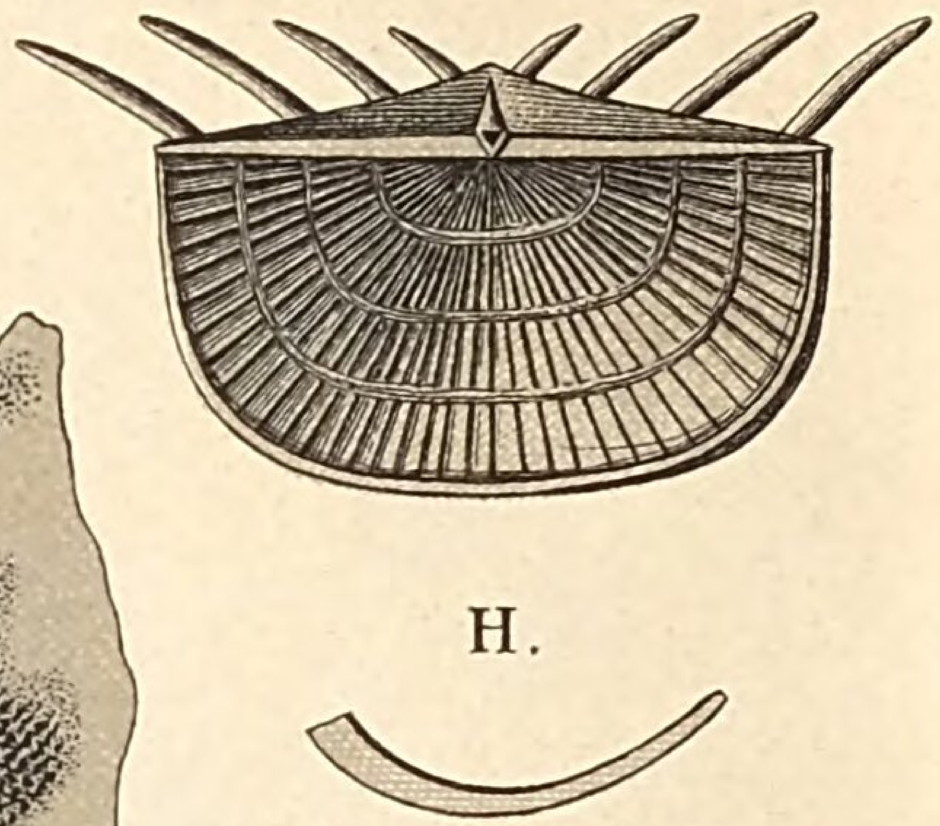
E. Stammstück mit Blattnarben der Sigillaria elegans.



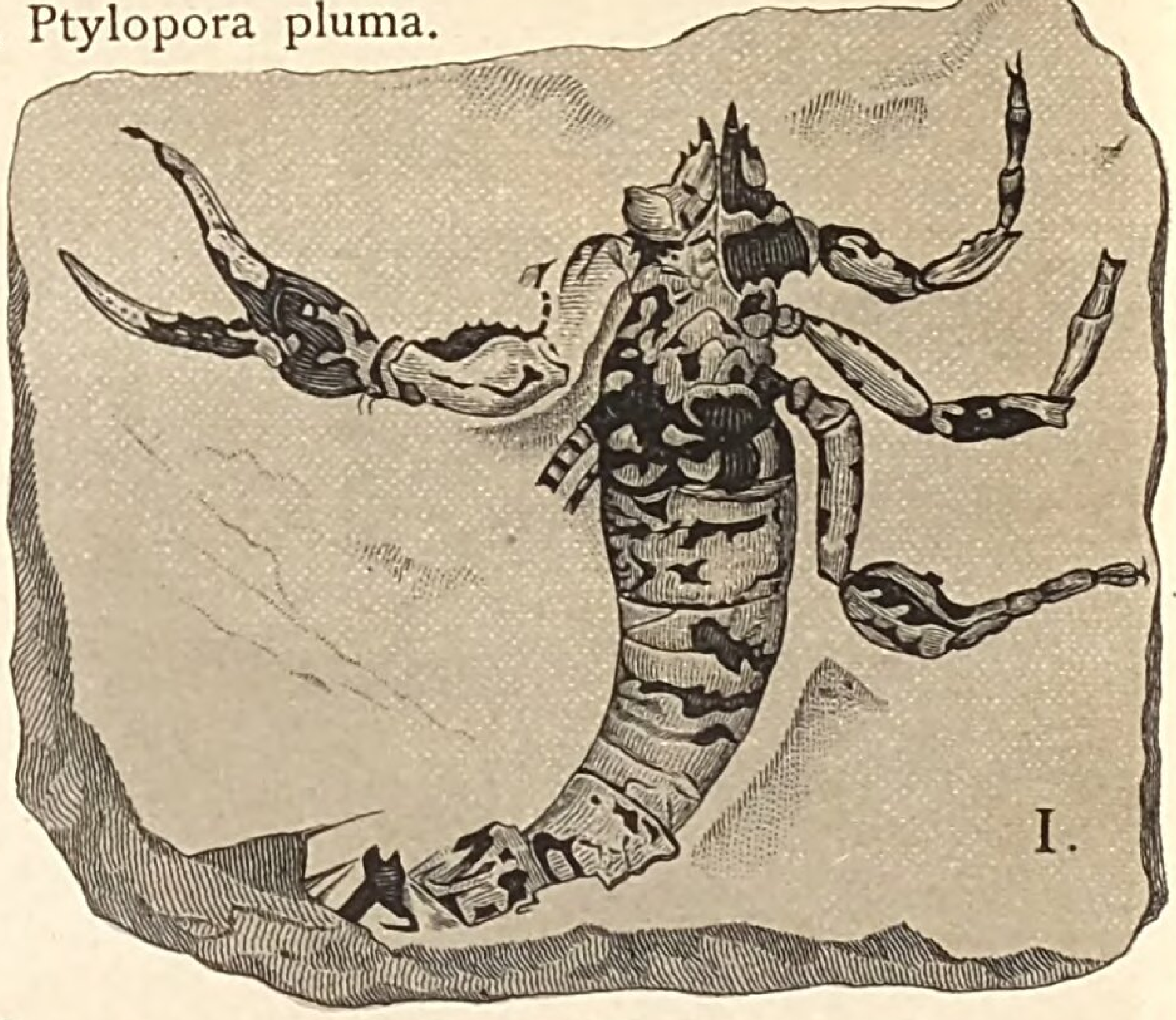
F. Stammstück von Lepidodendron elegans.



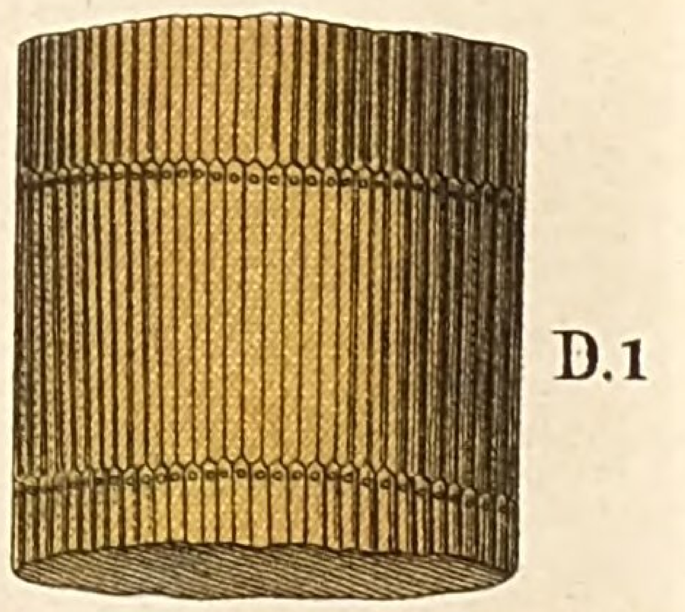
G. Ptylopora pluma.



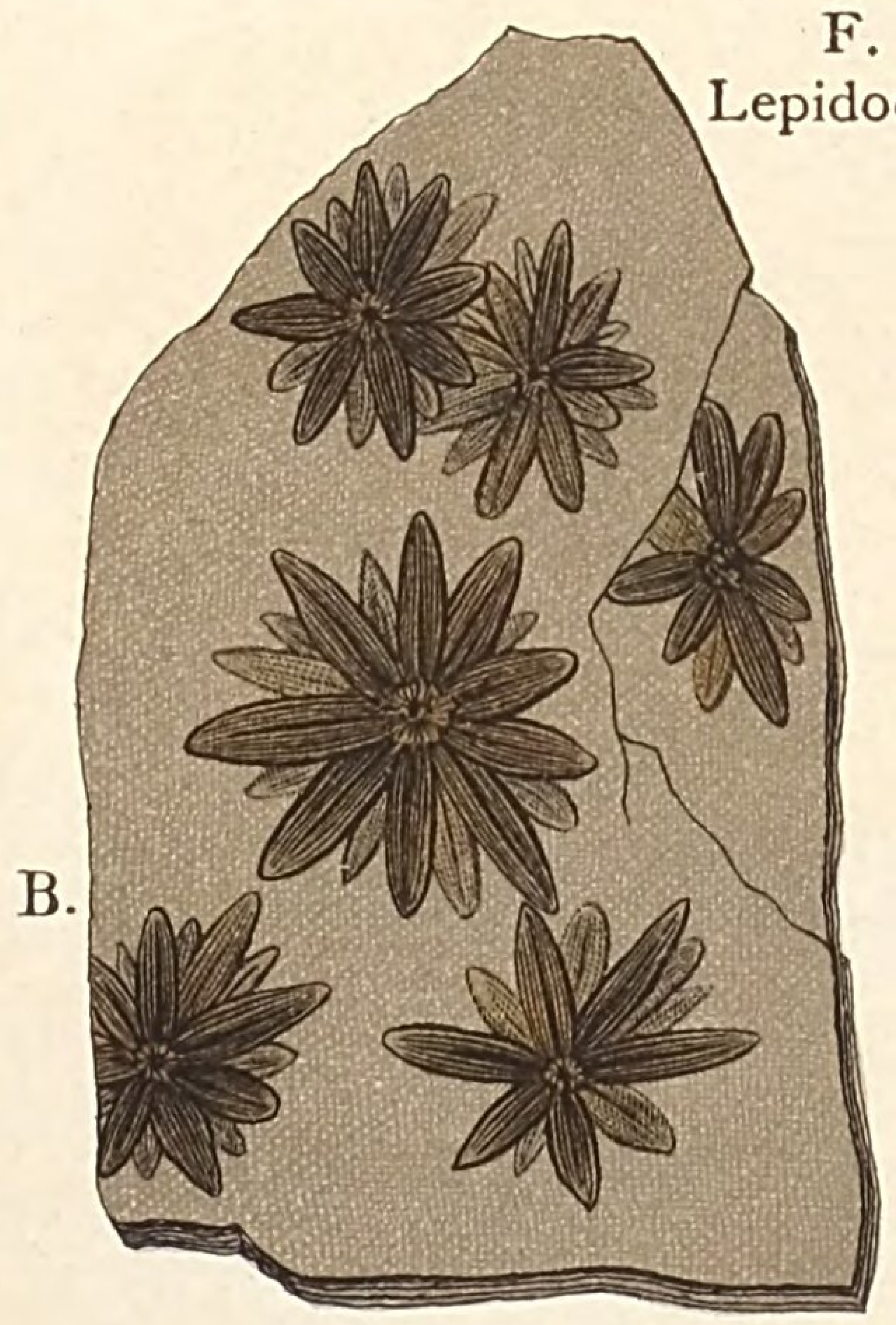
H. Chonetes Dalmani.



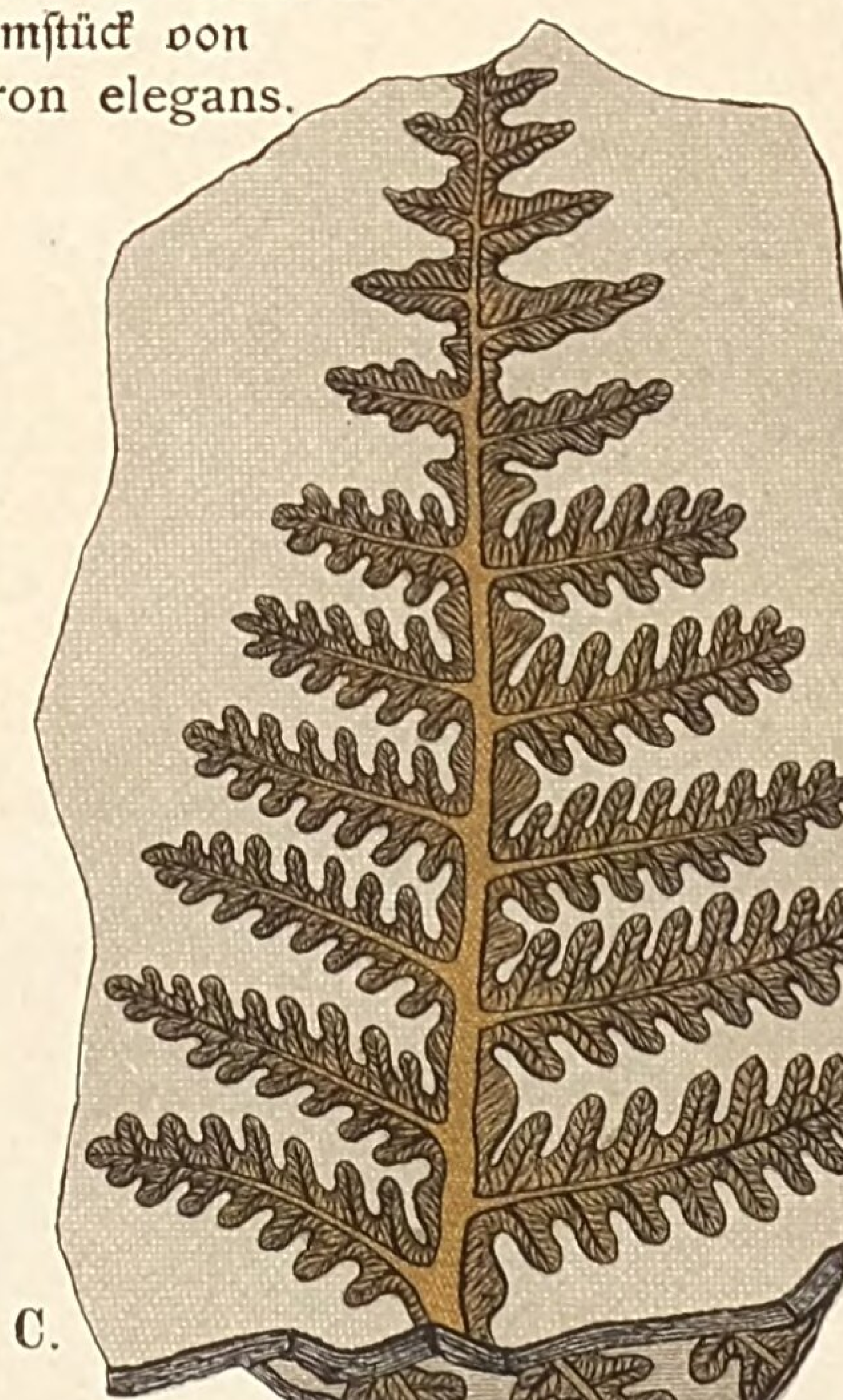
I. Cyclophthalmus senior.



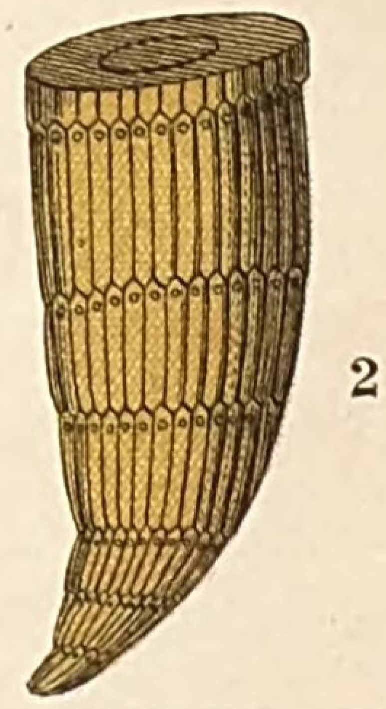
D. Stammstück von Calamites.



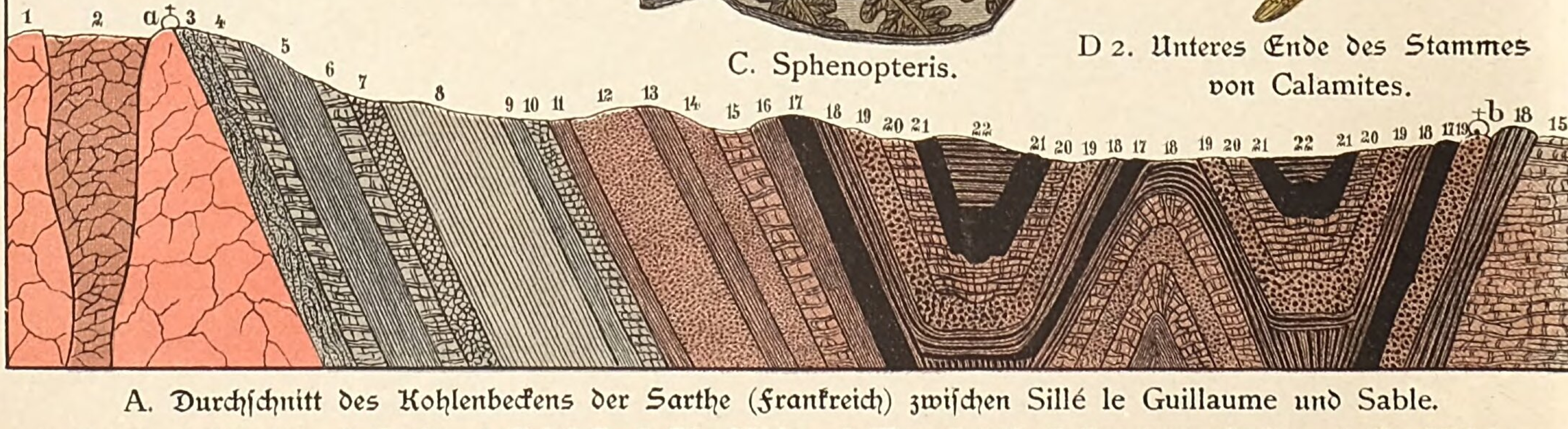
B. Annularia fertilis.



C. Sphenopteris.



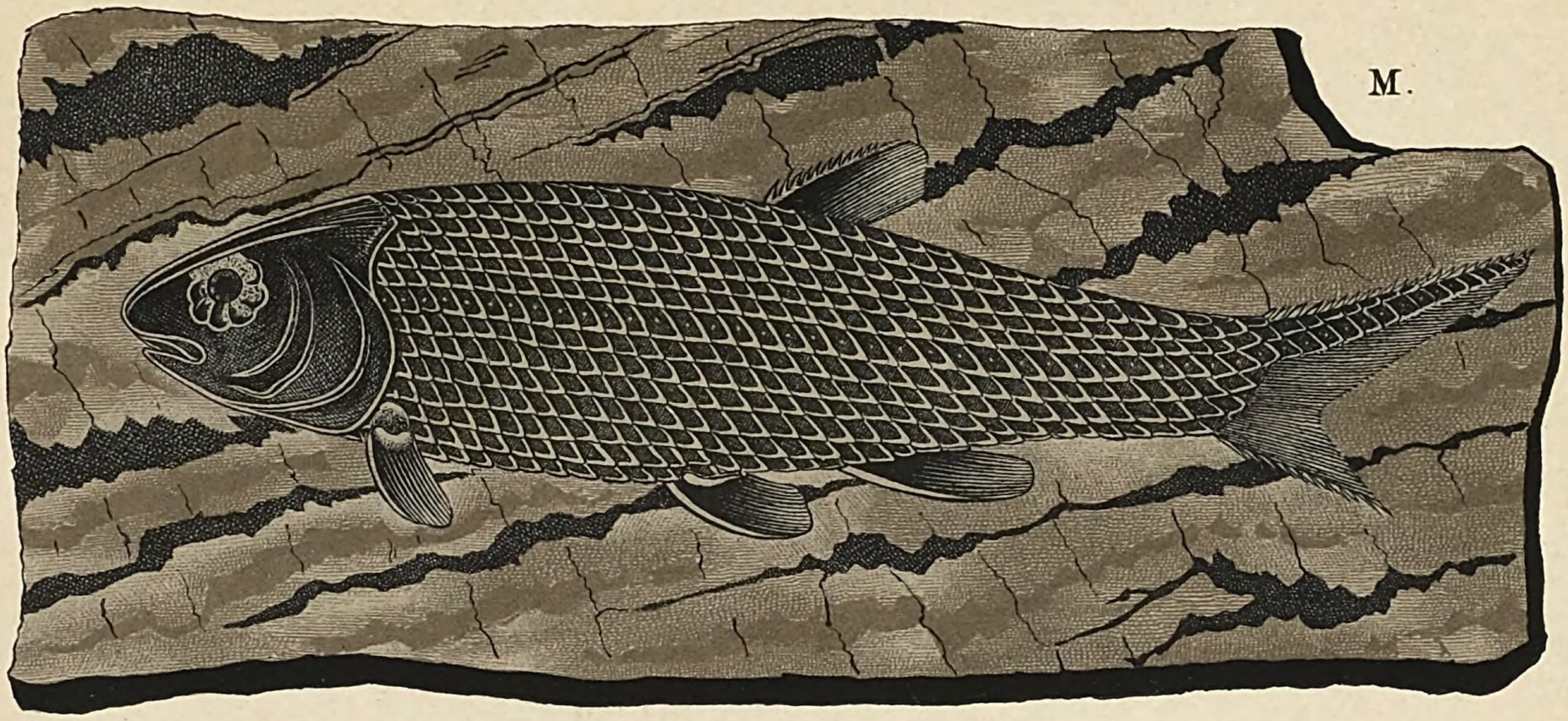
D 2. Unteres Ende des Stammes von Calamites.



A. Durchschnitt des Kohlenbeckens der Sarthe (Frankreich) zwischen Sillé le Guillaume und Sable.

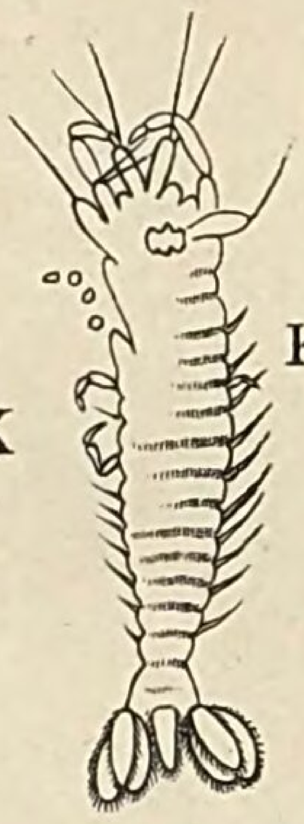
1. Granit. 2. Porphyr. 3. Gneis. 4. Kieselkalk. 5. Thonschiefer. 6. Magnesiakalk. 7. Conglomeratstreifen. 8. Bruchschiefer. 9. Thonschiefer. 10. Puddingsteine. 11. Graptolithenschiefer. 12. Roter Eisensand. 13. Glimmerschiefer. 14. Sand. 15. Kalk. 16. Schiefer. 17. Anthracit. 18. Schiefer. 19. Sand. 20. Kohlenkalk. 21. Anthracit. 22. Schiefer.

M.

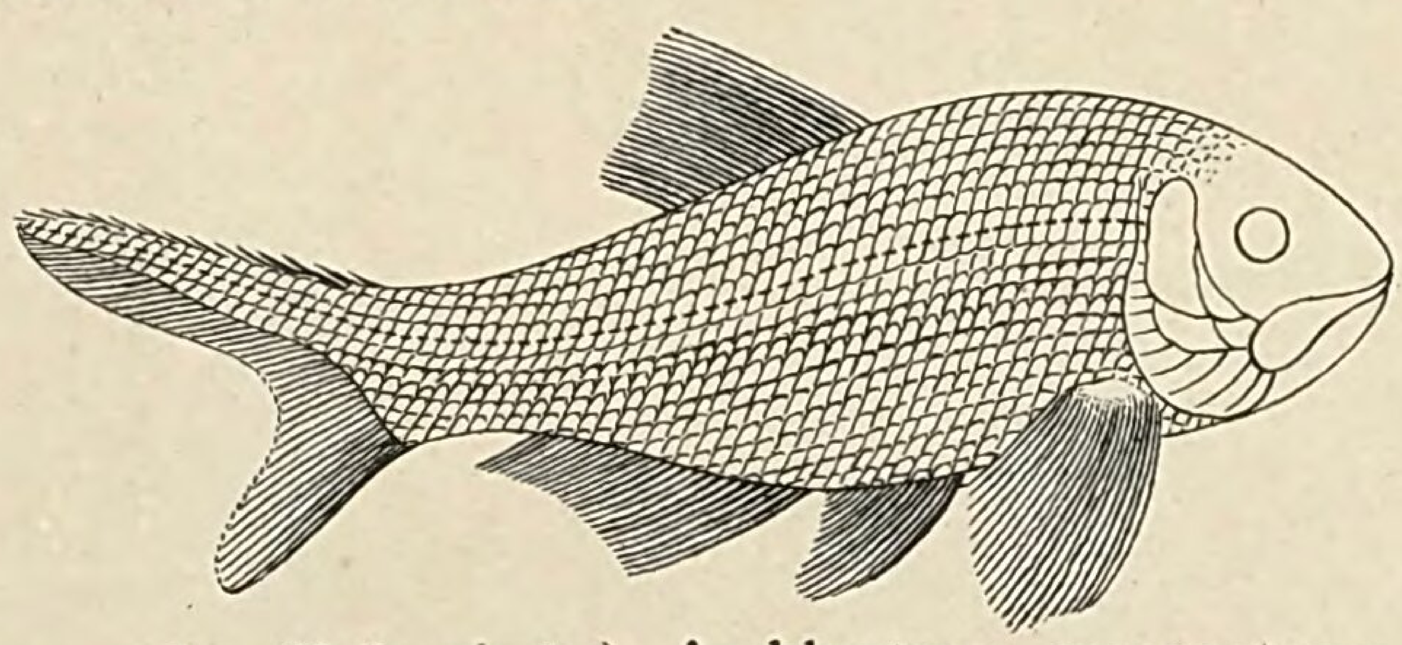


M. Palaeoniscus Freislebeni.

K



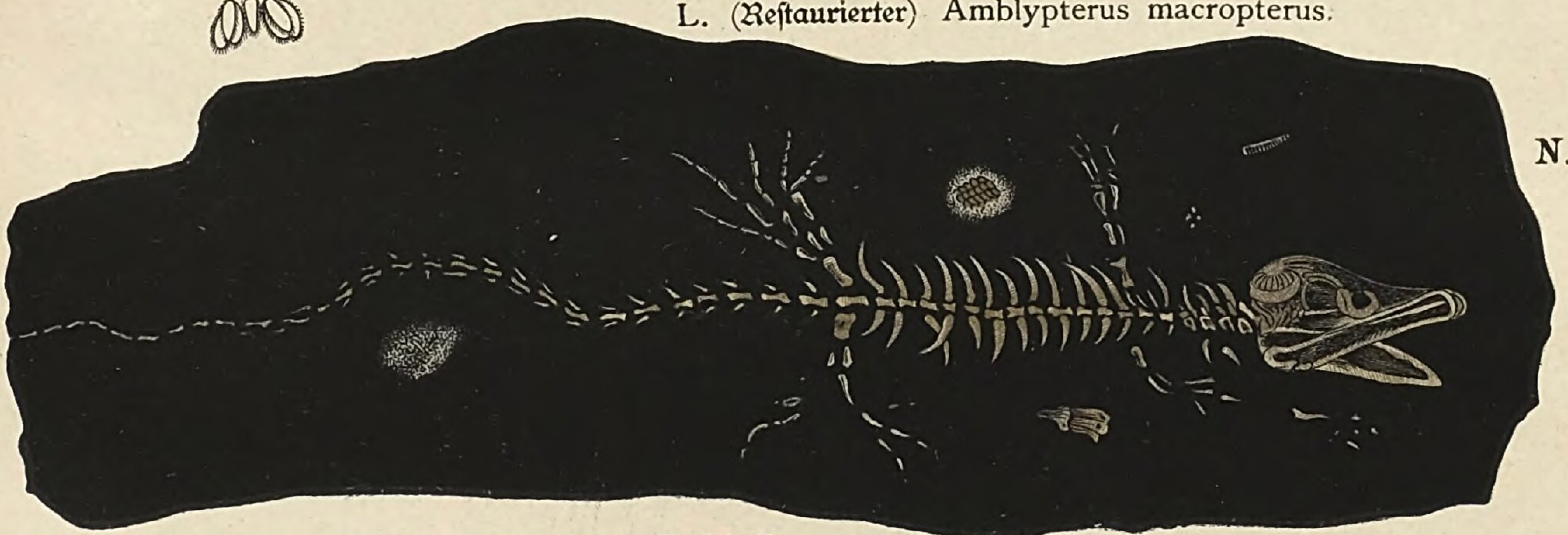
K. Gampsonyx fimbriatus.



L.

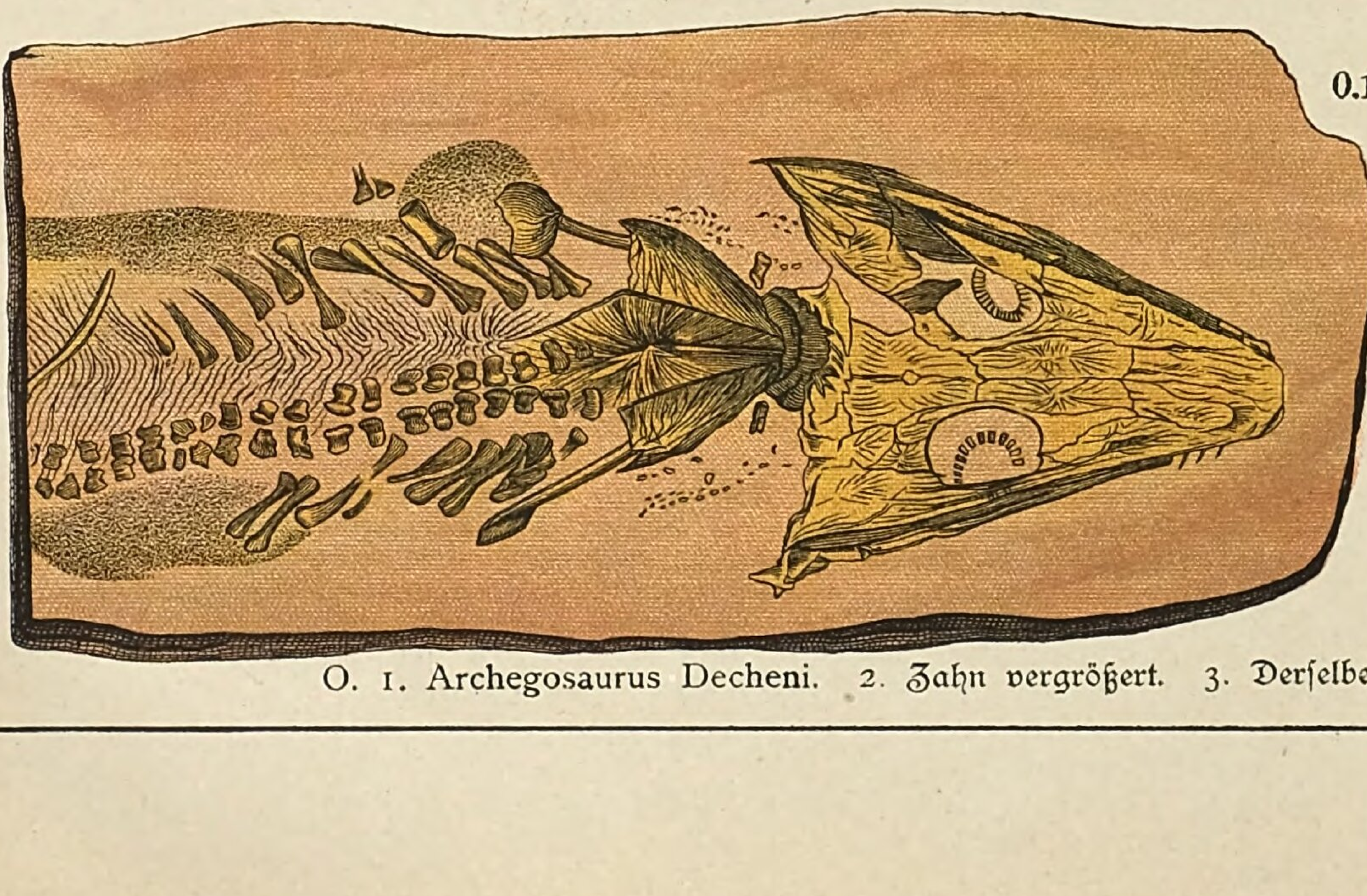
L. (Restaurierter) Amblypterus macropterus.

N.



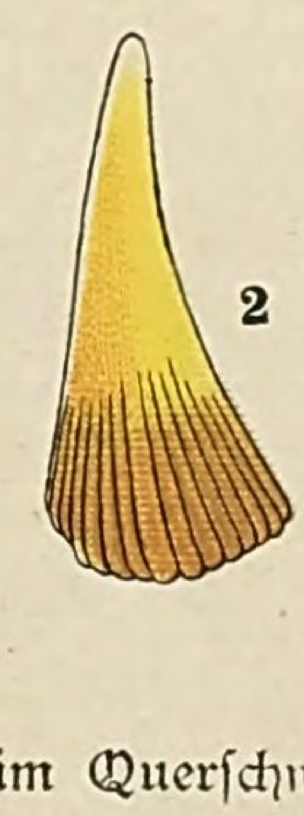
N. Lepterpeton Dobbsii.

O.1





3



2

O. 1. Archegosaurus Decheni. 2. Zahn vergrößert. 3. Derselbe im Querschnitt



Ideales Landschaftsbild

1. Sigillaria alternans. 2. Lepidodendron corrugatum. 3. Sagenaria
6. Sphenophyllum. 7. Asterophylliten. 8. Cyclopteris



) der Steinkohlenzeit.

ı dichotoma. 4. Sagenaria Veltheimiana. 5. Sigillaria-Wurzelstock (Stigmaria).

ṡ. 9. Neuropteris. 10. Archegosaurus. 11. Palaeoniscus.

Meter Höhe. Ihre mächtigen Wurzeln strahlten horizontal aus und gabelten sich wiederholt. Ihre letzten Zasern bildeten filzartige Gewebe im Boden. Dies sind die sogen. Stigmarien, die man einige Jahrzehnte hindurch für eigene Pflanzen hielt. Die Sigillarien mit den Stigmarien gelten für die Haupturheber des Holzreichtums der seitherigen Steinkohlenflötze.

Fig. E. ist ein Stammstück mit Blattnarben von Sigillaria elegans.

Von Phanerogamen kennt man als zuverlässige Funde nur Cycadeen und Coniferen. Die Stämme der letzteren zeigen ein ähnliches Holzgewebe wie die heute nur noch auf der südlichen Halbkugel verbreiteten Araucarien. Die faserige Steinkohle oder Faserkohle hält man für verkohltes Araucarienholz.

Vielbesagend, aber nur durch spärliche Funde bekannt sind die Vertreter der Landbevölkerung der Steinkohlenepoche. Es sind unter andern Schaben wie Blattina, — Skorpione wie Cyclophthalmus — Tausendfüße wie Xylobius — ferner eine Anzahl von Amphibien aus der erloschenen Ordnung der Stegocephalen oder der mit einer Schädeldecke versehenen Formen. Auch gab es schon Süßwasserfische, meist Eckschupper oder eckschuppige Ganoiden mit Amblypterus und Palaeoniscus.

Von Skorpionen kennt man aus der Steinkohlen-Formation mehrere Gattungen.

Fig. J. Cyclophthalmus senior von Radnitz in Böhmen ähnelt dem lebenden afrikanischen Skorpion (Androctonus), weicht aber von diesem in der Stellung der Augen ab.

Die Steinkohlenformation liefert die ältesten Reste von ächten Land und Süßwasser bewohnenden Amphibien und zwar aus der Ordnung der Stegocephalen (mit vollständiger Schädeldecke).

Fig. N. Lepterpeton. Wir bilden von ihnen ein kleineres Amphibium von der Gestalt eines Molches ab. Es stammt aus der Kohlenbildung von Kilkenny in Irland und ist ausgezeichnet durch die Länge der Mittelnaht (oder Symphyse) des Unterkiefers.

Beschreibung von Figur **K. L. M. O.** siehe rechte Spalte und Seite 28.

Tafel V.

Das ideale Landschaftsbild der Steinkohlenzeit mit seiner Baumvegetation von Kryptogamen und Nadelhölzern gewährt uns einen völlig fremdartigen Anblick, der von dem unserer heutigen, auch der tropischen Waldungen charakteristisch abweicht. Die Vegetation zeigt folgende Formen vorwaltend.

Fig. 1 Sigillaria alternans.
Fig. 2 Lepidodendron corrugatum.
Fig. 3 Sagenaria dichotoma.
Fig. 4 Sagenaria Veltheimiana
Fig. 5 ein Stammstück eines Siegelbaums, Sigillaria, mit ausstrahlenden und sich gabelnden Wurzeln — früher für eine eigene Holzpflanze gehalten und Stigmaria genannt.
Fig. 6 Sphenophyllum als Baum gedacht.
Fig. 7 Ein Sumpfdickicht von Calamiten (Equisetaceen), an denen die Asterophylliten (Sternblätter) als Zweige sitzend gedacht sind.
Fig. 8 Cyclopteris (Kreiswedel), ein Farn.
Fig. 9 Neuropteris (Nervenwedel), gleichfalls ein Farn.

In dieser Sumpflandschaft tummeln sich

Fig. 10 Archegosaurus, eidechsenförmige Amphibien herum. Im Wasser gewahrt man Fische aus der Ordnung der Schmelzschupper.

Fig. 11 Palaeoniscus mit eckigen, meist rautenförmigen Schmelzschuppen.

Die permische Epoche

oder die Dyas-Zeit ist in Nord- und Mittel-Deutschland durch zwei sehr von einander abweichende Abteilungen, eine Süßwasser- und eine Meeresablagerung vertreten.

Die untere Abteilung oder das Rotliegende schließt sich den oberen Lagern der produktiven Steinkohlenformation gewöhnlich nahe an. Aber in der Festlandflora erscheinen eine Reihe von Familien und Gattungen der Steinkohlenzeit bereits entfallen. An dieser Scheide zweier Zeitalter verlieren sich namentlich die Lepidodendren und die Sigillarien mit den Stigmarien. Ueberhaupt nimmt die bisherige Üppigkeit der Morastvegetation hier ersichtlich ein Ende. Damit verliert sich auch die Mächtigkeit des damals abgelagerten Holzreichtums der Sumpflandschaften. Die untere Abteilung des Rotliegenden beherbergt gewöhnlich noch einige Kohlenflötze, aber sie sind nur selten bauwürdig.

Aus der Flora des Rotliegenden betrachten wir einige Arten näher.

Tafel VI.

Fig. B. Tubicaulis solenites ist der Stamm oder Strunk eines Farnen aus der Verwandtschaft der heute in den Tropen heimischen Marattiaceen. Unsere Abbildung stellt den Querschnitt eines verkieselten Stammes aus dem Rotliegenden von Chemnitz in Sachsen dar. Das Zellgewebe durchsetzen zahlreiche theils mehr kreisrunde teils mehr elliptisch verbreiterte Gefäßbündelstränge.

Fig. C. Odontopteris, ist ein üppig entwickelter Farnwedel mit teils einfachen teils fiederlappigen Fiedern. Diese Gattung reicht aus der Steinkohlenformation ins Rotliegende.

Fig. D. Walchia piniformis ist ein Nadelholz aus der Verwandtschaft der Araucarien. Man kennt zweizeilig verzweigte Äste mit Blättern und Zapfen. Die Blätter sind dreikantig, sichelförmig und spiralig angeordnet, ähnlich denen der lebenden Araucaria excelsa. Stämme von Walchia kennt man noch nicht. Wahrscheinlich besaßen sie das Holzgewebe vnn Araucarien. Walchia piniformis beginnt in der oberen Abteilung der Steinkohlenformation und ist häufig im Rotliegenden.

Fig. D 2. stellt einen fruchttragenden Zweig derselben Gattung dar.

Tierreste sind im allgemeinen im Rotliegenden selten, aber zum Teil merkwürdig.

Tafel **IV. Fig. K.** Gampsonyx fimbriatus ist ein kleines Süßwasser-Krebschen aus der Ordnung der Amphipoden oder Flohkrebse und ausgezeichnet durch zwei paar Anhänge des letzten Körperringes. Es findet sich im Thoneisenstein des mittleren Rotliegenden zu Lebach bei Saarbrücken.

Tafel **IV. Fig. L.** Amblypterus macropterus, und Tafel **IV. Fig. M.** ist ein Fisch aus der Ordnung der eckschuppigen Ganoiden, ein Süßwasserbewohner, der in den Eisensteinknollen derselben Gegend vorkommt. Ausgezeichnet ist er durch die Größe seiner Flossen. Das Hinterende des Körpers ist ungleichlappig oder heterocerk — wie bei allen Ganoiden der älteren Formationen.

Eine Menge von Stegocephalen oder mit Schädeldach versehenen Amphibien bevölkerten zur Zeit der Ablagerung des Rotliegenden die Gewässer des Festlandes, die meisten waren Eidechsen und Krokodilen, andere Molchen, noch andere Schlangen ähnlich.

Wir heben eine der häufigsten Arten hervor, die ebenfalls im Lebacher Eisenstein vorkommt.

Tafel **IV. Fig. O.** Archegosaurus Decheni, erreichte ein Meter Länge und wohl noch etwas darüber. Der Schädel ist dreiseitig, niedergedrückt und mit glänzenden Schildern bedeckt. Die Kehle und die Brust

bedecken drei Kehlbrustplatten, von denen die vordere rhombenförmig ist. Der Rachen trägt kegelförmige Zähne. Sie sind am unteren Teil gestreift, im Innern einfach gefaltet (Fig. O 2. und O 3.) vergrößert. Sie waren Raubtiere, die Fischen und kleineren Amphibien nachgingen. Man findet auch in denselben Eisensteinen fossilen Kot von ihnen oder sogen. Koproliten, die noch Fischschuppen und andere unverdaute Ueberreste erkennen lassen.

Die obere Abteilung der permischen Formation mit dem Kupferschiefer und Zechsteine besteht aus Meeresabsätzen.

Pflanzenreste sind darin im allgemeinen selten, doch finden sich im Kupferschiefer noch einige Meeresalgen erhalten.

Reste von Meerestieren sind etwas häufiger. Wir greifen von ihnen einige Arten heraus.

Fig. E. Cyathocrinus ramosus ist der gegliederte Stiel einer Crinoidee aus dem Zechstein.

Fig. F. Fenestella retiformis ist ein Bryozon oder eine Mooskoralle aus demselben Lager. Diese Art bildet einen unregelmäßig trichterförmigen Stock mit einem gedrängten Maschengewebe von ausstrahlenden Stämmchen, die durch zahlreiche Querstäbchen verbunden werden. Dieser Stock trägt nur auf der einen Seite (auf der Vorderseite) Wohnzellen, in denen die einzelnen Tierchen saßen. Sie bilden auf jedem Radialstäbchen zwei Reihen. Die Figur ist stark vergrößert.

Fig. G. Avicula antiqua von ebendaher.

Fig. H. Modiola Pallasi.

Fig. J. Arca antiqua.

Fig. K. Productus horridus oder aculeatus ist ein bezeichnender und sehr verbreiteter Brachiopode des Zechsteins von England, Nord- und Mittel-Deutschland. Das Gehäuse ist sehr ungleichklappig, mit geradem Schloßrand, einer größeren stark gewölbten am Wirbel vorspringenden Klappe und einer kleineren concaven Deckelklappe. Diese Art trägt röhrenförmige Anhänge, besonders dem Schloßrande jeder Klappe entlang.

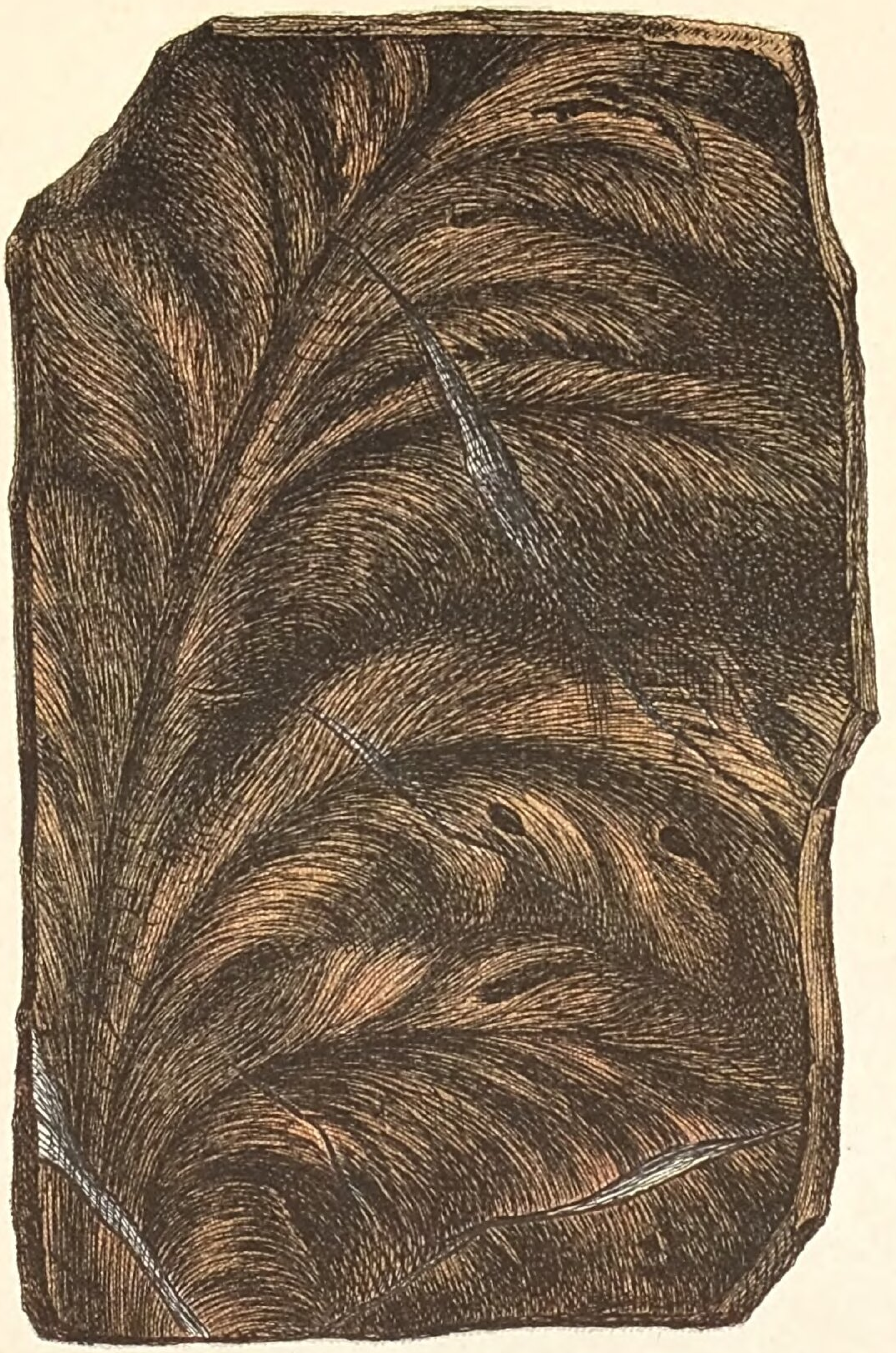
Reste mehrerer meerischer Fische finden sich im Kupferschiefer häufig, oft in krampfhaft verbogener Haltung. Man nimmt an, daß kupferhaltiges Wasser aus dem Binnenlande in ein breites flaches Meeresgebiet eindrang und hier viele Tausende von Fischen tötete. Die Herkunft des Kupfergehaltes ist dann durch Auslaugung erzhaltiger krystallinischer Schiefer durch Quellen zu erklären. Zwischen Gebirg und Meer muß man noch einen Steppensee oder eine sogen. Salzpfanne annehmen. Jedenfalls ist die Erklärung schwierig.

Tafel **IV. Fig. M.** Palaeoniscus Freieslebeni, ein Eckschupper von beiläufig der Größe eines Härings, ist die gemeinste Art des deutschen Kupferschiefers. Die Körpergestalt ist ziemlich schlank und die Flossen sind klein. Der dicht geschlossene, aus rhombischen mit Schmelz bedeckten Schuppen zusammengesetzte Panzer dieses Kupferschieferfisches gleicht sehr dem des in Flüssen Nordamerikas heute lebenden Knochenhechtes, (Lepidosteus osseus, englisch gar-pike).

Ein anderer Eckschupper des deutschen Kupferschiefers ist

Fig. L. Platysomus gibbosus, ein kleiner hoher Fisch, in seitlicher Ansicht fast von rhombischem Umriß. Der Rachen ist klein und trägt kleine spitze Zähne. Rückenflosse und Afterflosse sehr lang, Schwanz ungleichlappig, Schuppen hoch und kurz.

Kurz berühren wollen wir noch das erste Erscheinen eines Reptils im Kupferschiefer von Thüringen. Es ist der Protorosaurus Speneri, ein Landbewohner von Eidechsengestalt, sehr ähnlich dem lebenden Monitor oder Varanus, 1 Meter Länge und darüber erreichend. Er vereinigt noch Charaktere heute getrennter Klassen und Ordnungen. Die Wirbelkörper sind noch biconcav wie die der Fische und der Fischmolche — die Zähne aber in eigene Höhlen oder Alveolen eingekeilt, wie bei den Krokodilen. Man darf darnach vermuten, daß Protorosaurus der Stammvater der Krokodile ist, die mit ihm von dem älteren Stamme der Eidechsen sich abzweigten. Der Ursprung der Eidechsen aber ist bei den Stegocephalen zu suchen, die schon in der Steinkohlenformation sich zeigen. Die Stegocephalen endlich können nur aus älteren Fischen hervorgegangen sein.



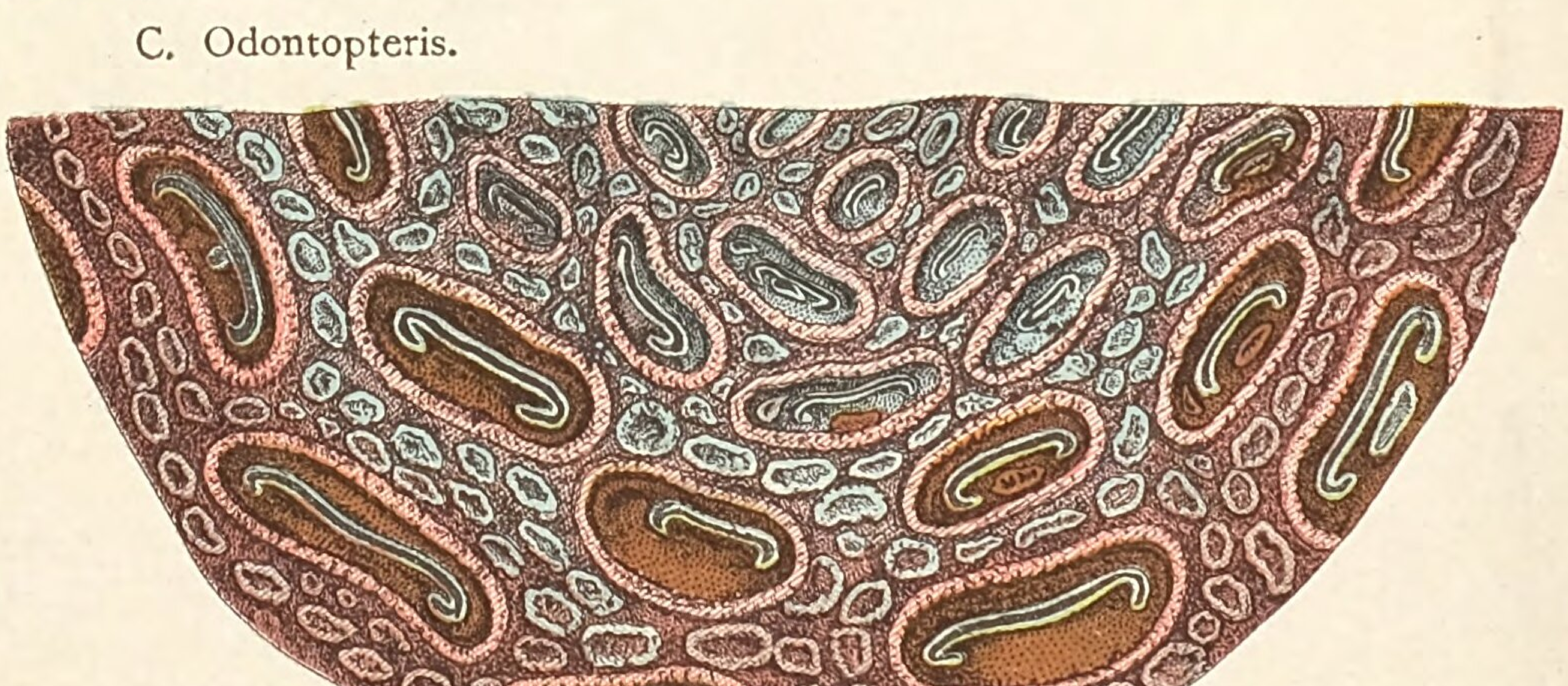
C. Odontopteris.



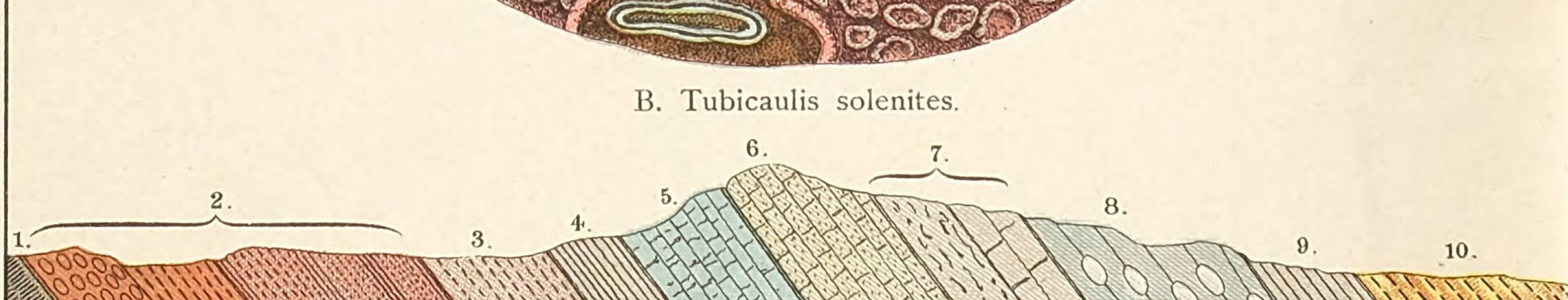
D 1. Walchia piniformis.



D 2. Fruchttragender Zweig einer Walchi .



B. Tubicaulis solenites.



A. Idealer Durchschnitt der Dyas-Formation in Norddeutschland.

1. Kohlensandstein. 2. Rot Totliegendes. 3. Weißes Totliegendes. 4. Kupferschiefer. 5. Zechstein. 6. Rauchwacke. 7. Aschenwacke. 8. Schlottengips mit Stinkkalk. 9. Mergel. 10. Buntsandstein.

E 1

E 2



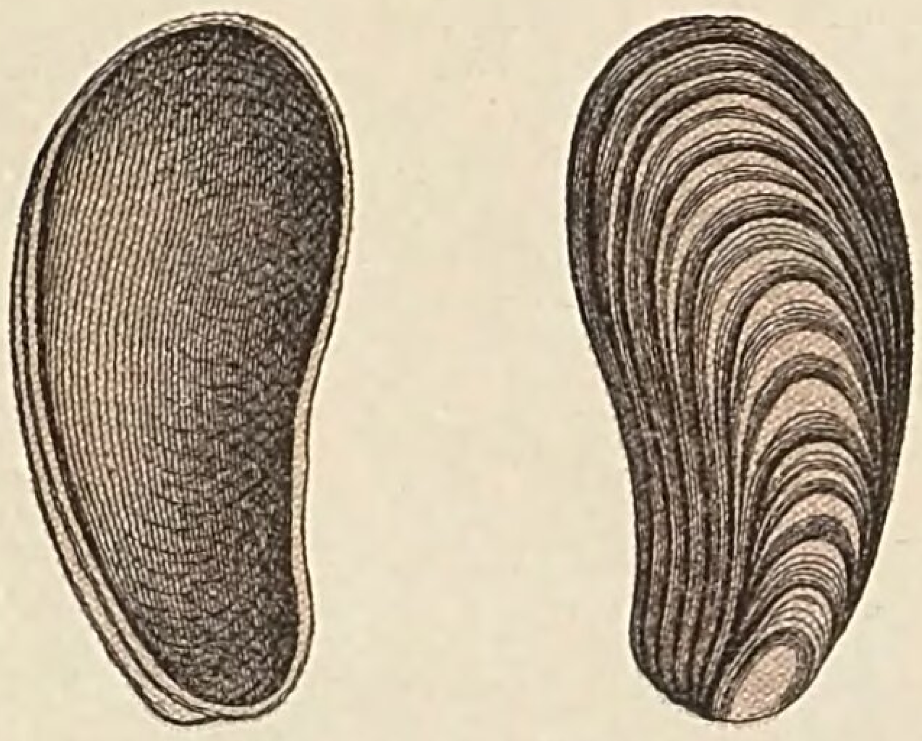
E 1. Cyathocrinus ramosus.
E 2. Gliedquerschnitte.



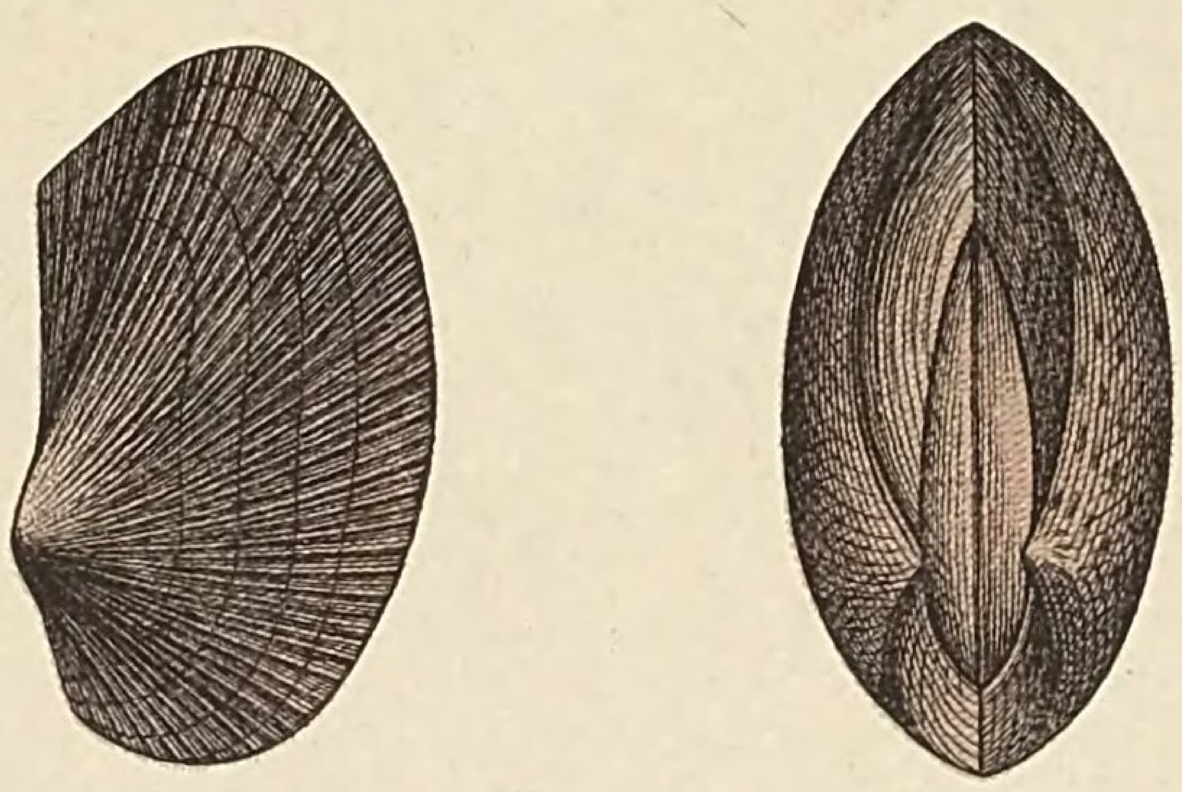
F. Fenestella retiformis (vergrößert).



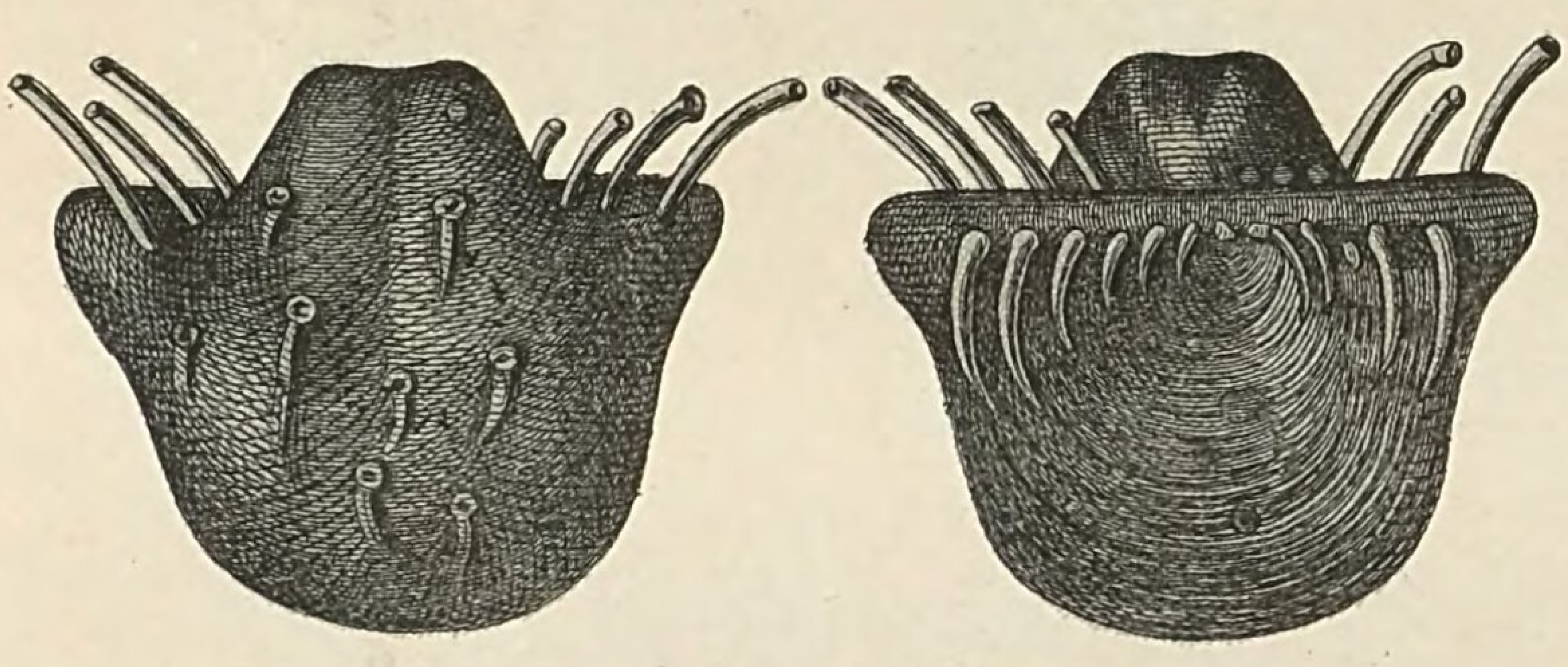
G. Avicula antiqua.



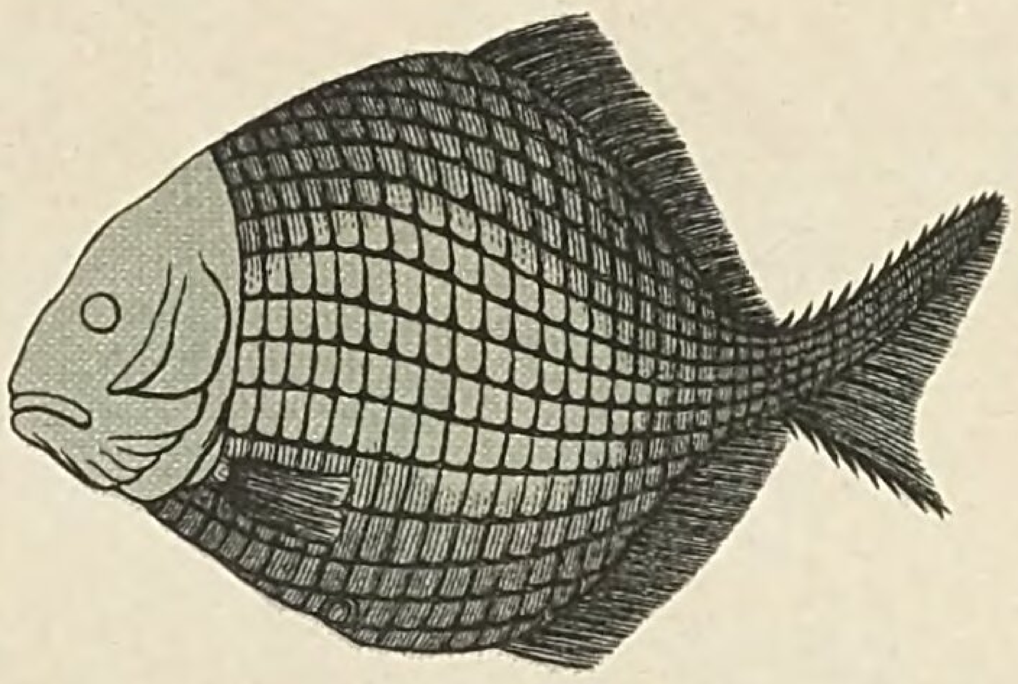
H. Modiola Pallasi.



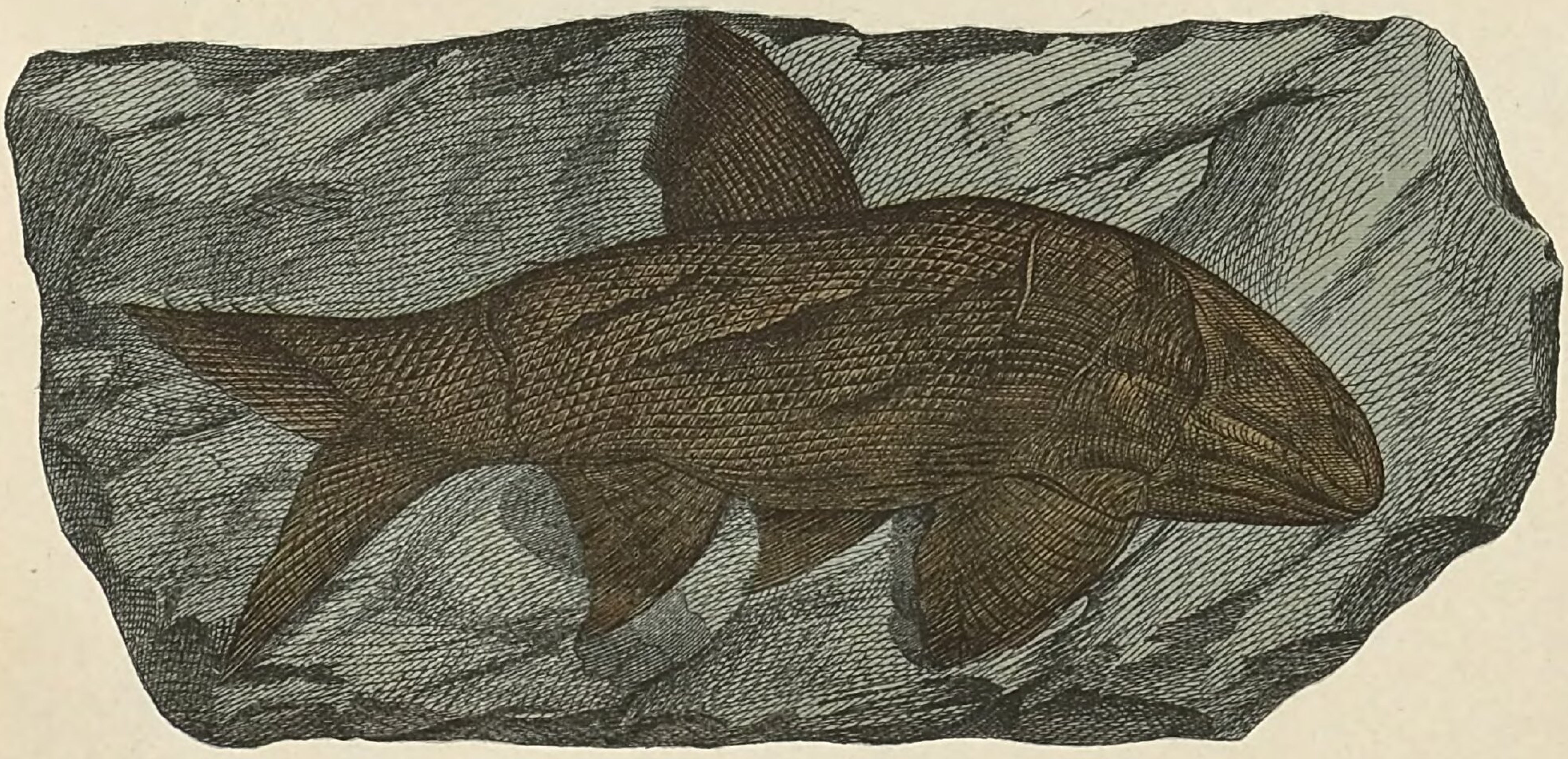
I. Arca antiqua.



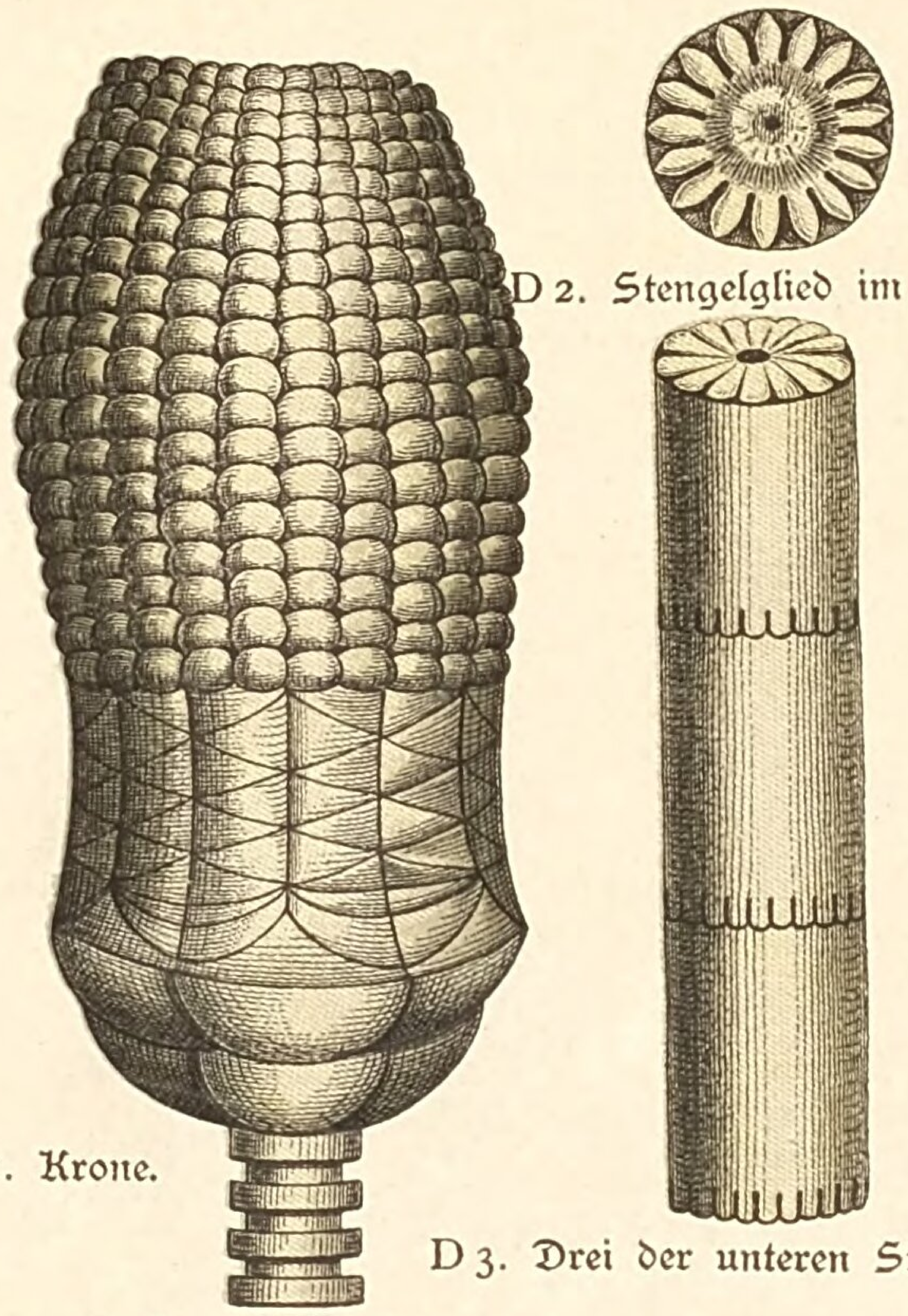
K. Productus horridus (aculeatus).



L. Platysomus gibbosus.



M. Amblypterus macropterus.

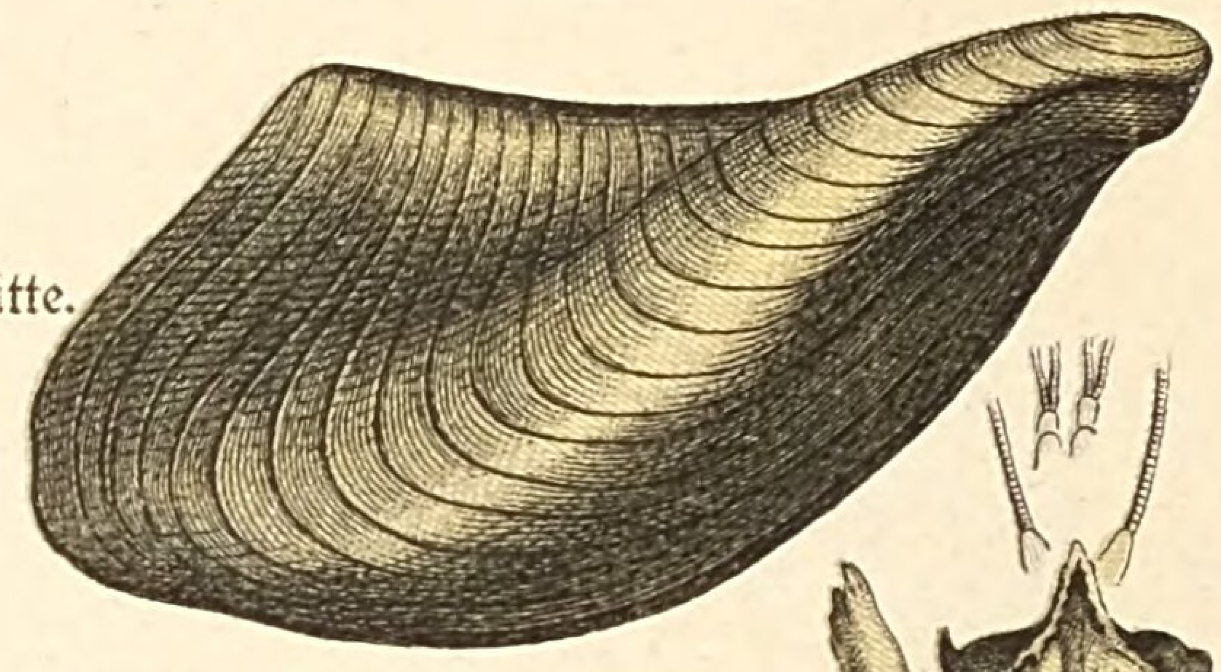


D 1. Krone.

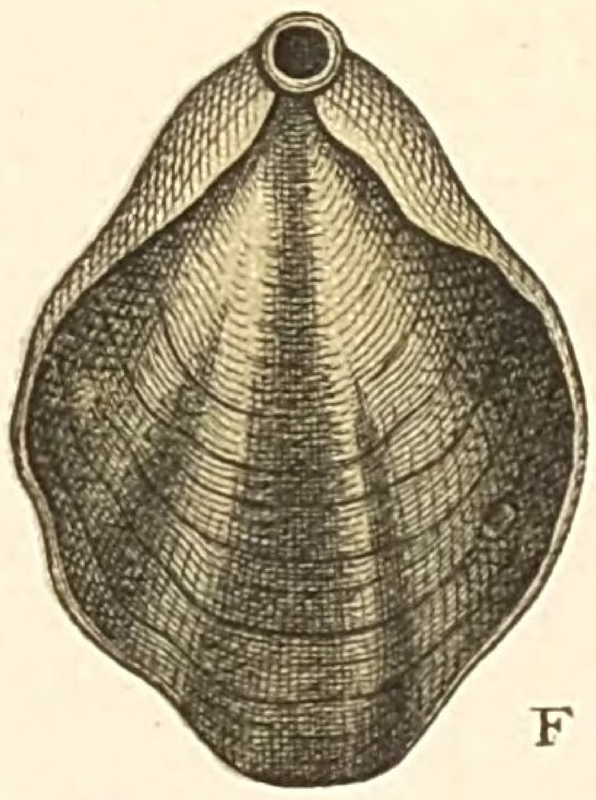
D 2. Stengelglied im Querschnitte.

D 3. Drei der unteren Stengelglieder.

D. Encrinus liliiformis.

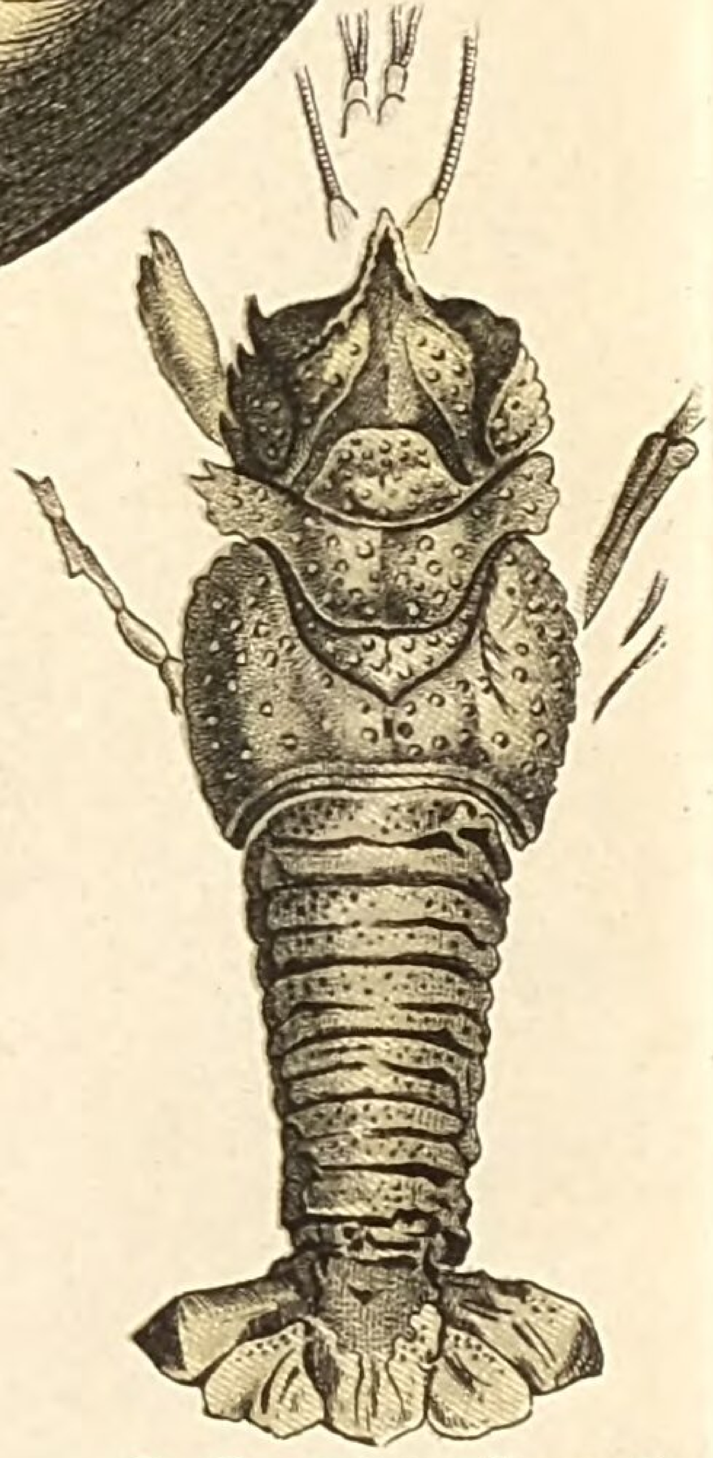


E. Gervillia socialis.

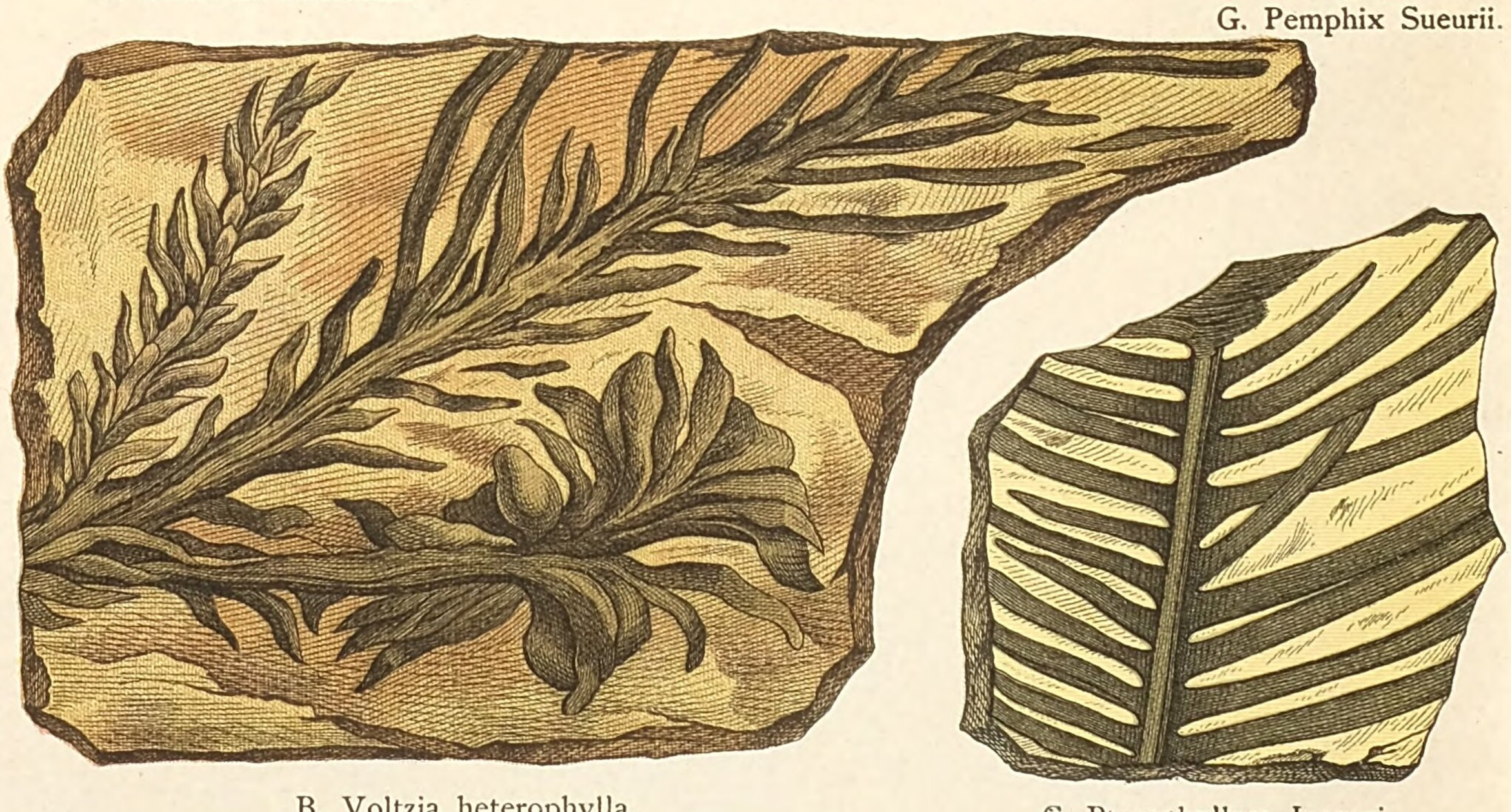


F

F. Terebratula vulgaris.

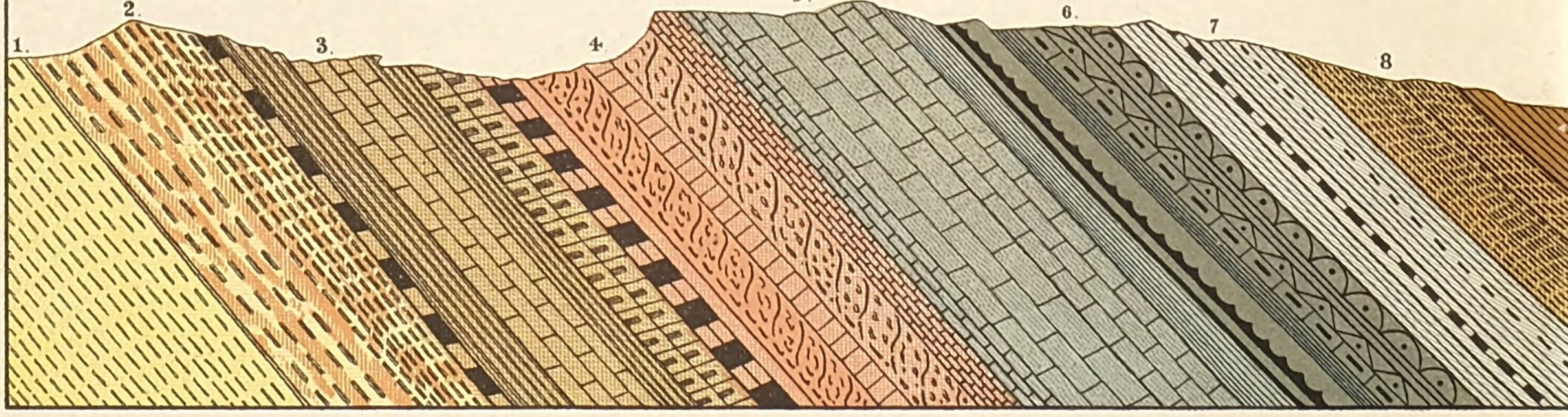


G. Pemphix Sueurii.



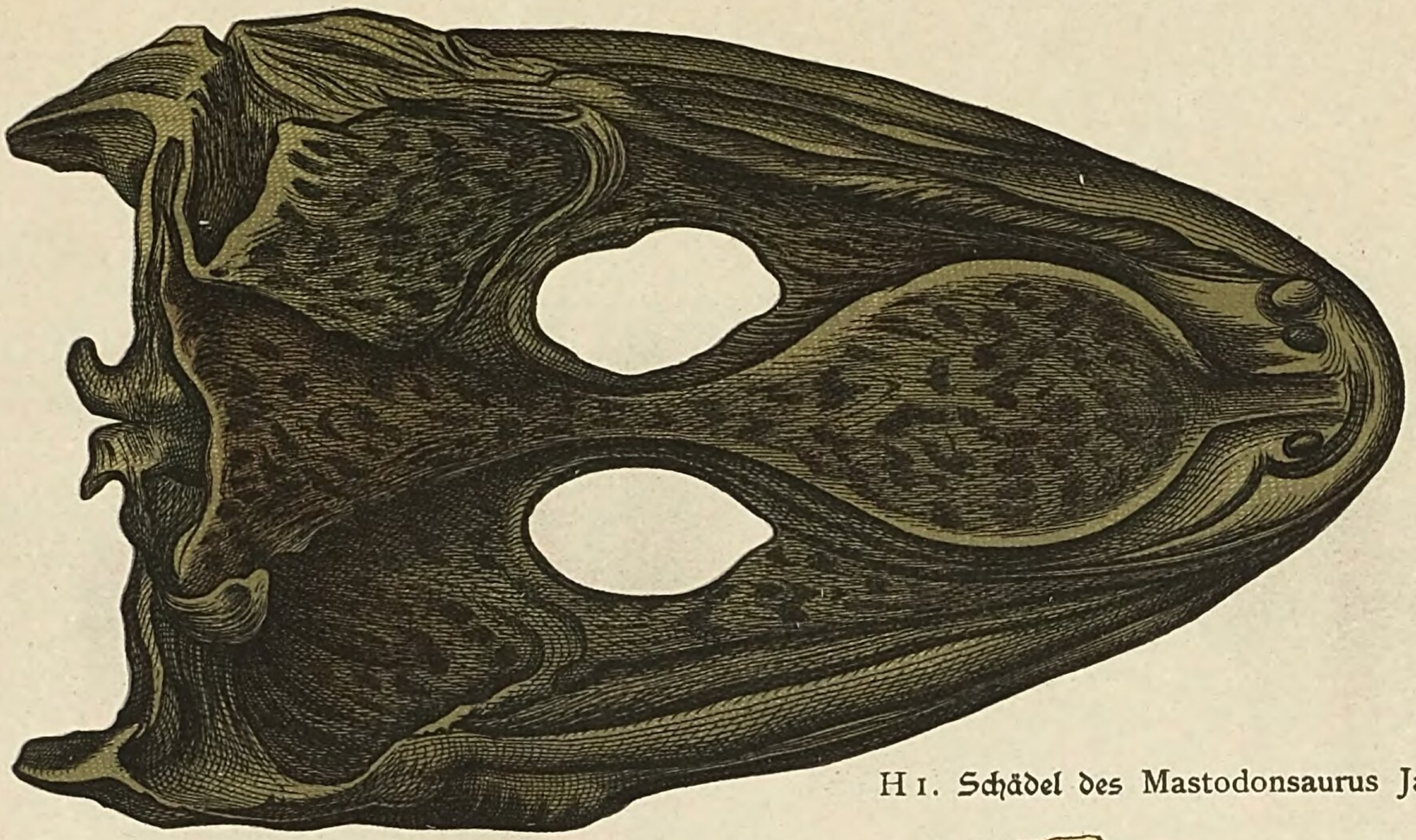
B. Voltzia heterophylla.

C. Pterophyllum Jaegeri.

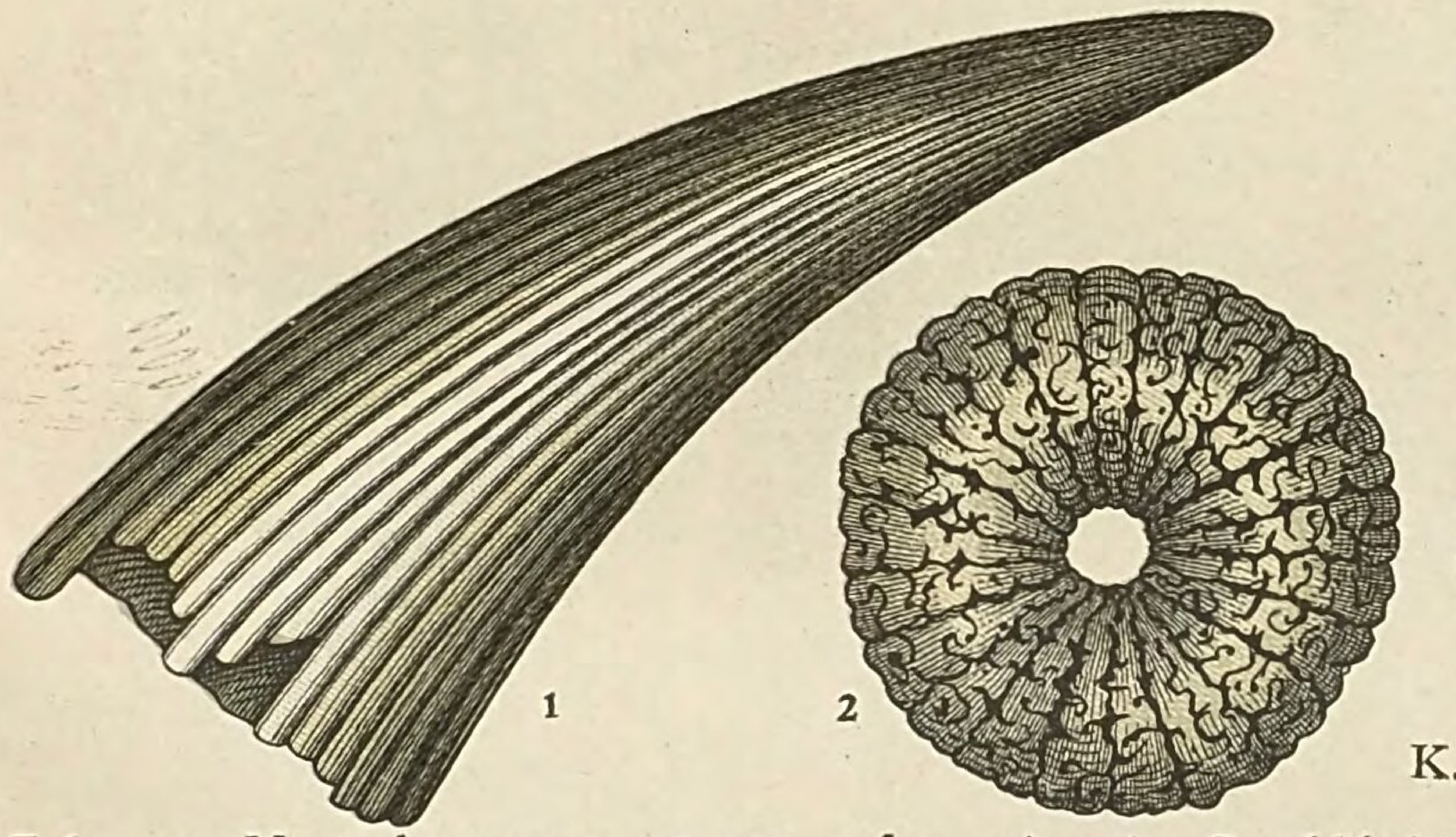


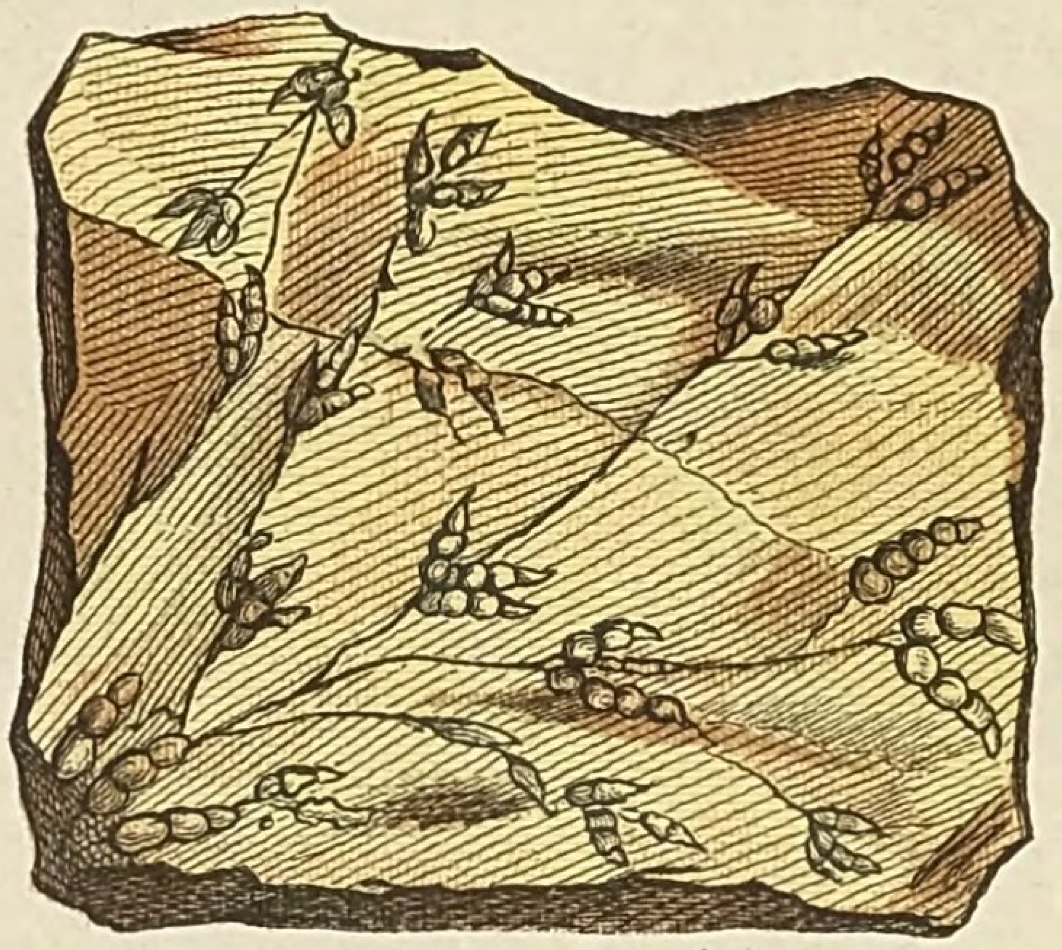
A. Durchschnitt der Triasformation in Württemberg.

1. Vogesensandstein. 2. Buntsandstein. 3. Wellenkalk. 4. Anhydritgruppe. 5. Muschelkalk. 6. Lettenkohle. 7. Keupermergel. 8. Keupersandstein. 9. Lias (Jura).



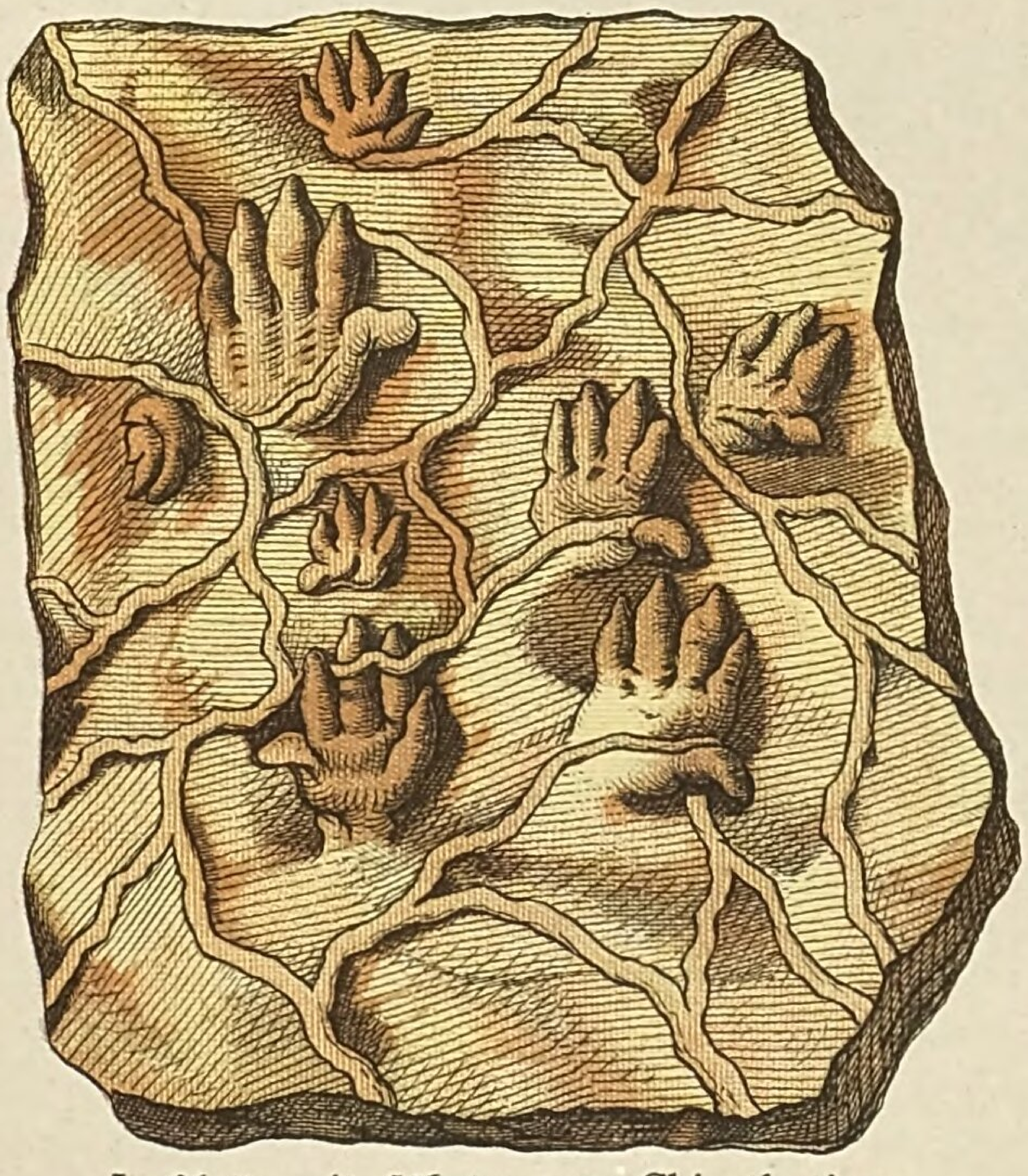
H 1. Schädel des Mastodonsaurus Jaegeri.



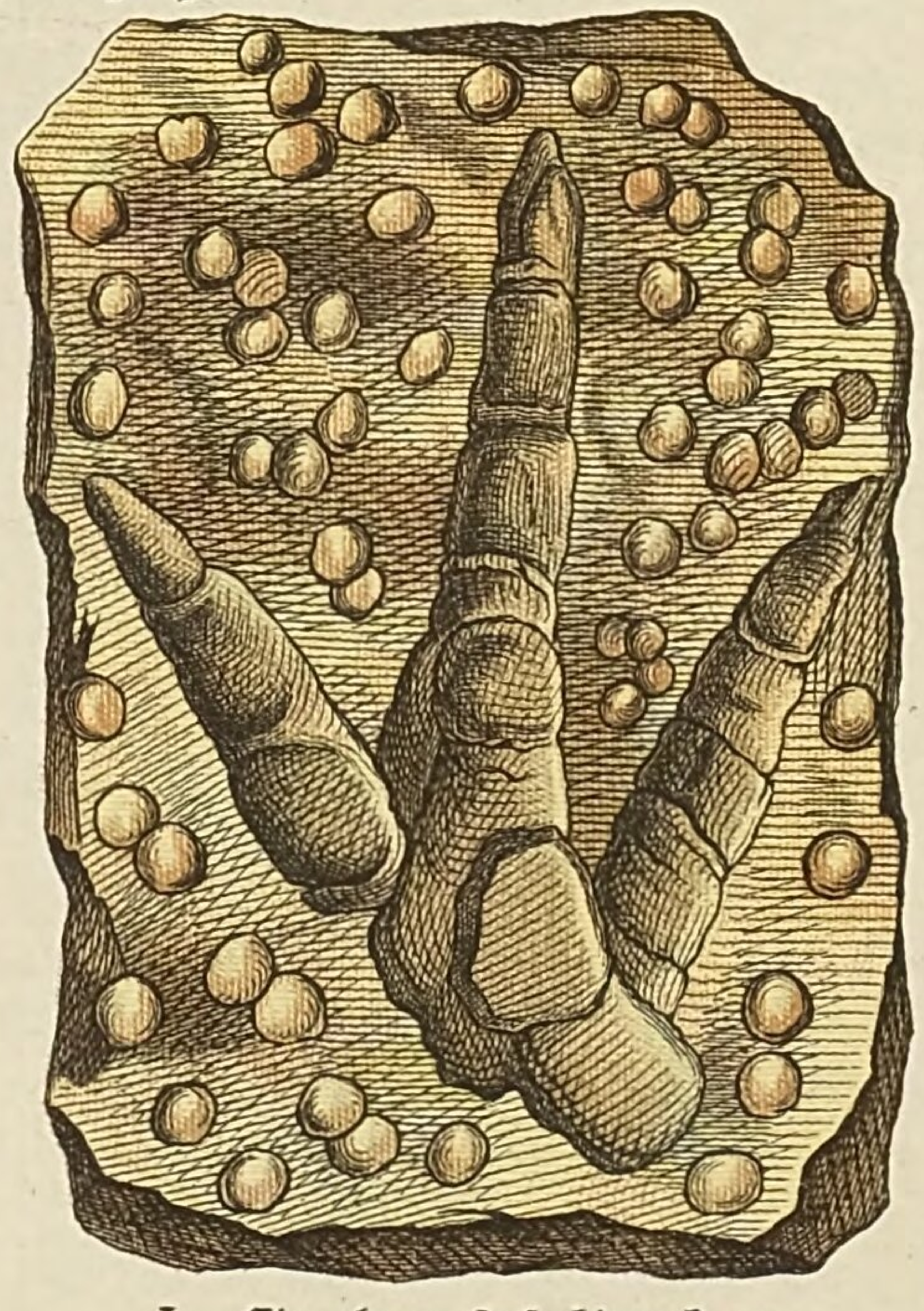


K. Fußspuren von Ornithichnites giganteus.

H. Zahn von Mastodonsaurus. 1 von außen und 2 im Durchschnitt, vergrößert.



I. Platte mit Fährten von Chirotherium.



L. Einzelner Fußabdruck von Ornithichnites giganteus.

Tafel VII.

Die Trias-Epoche.

Mit ihr beginnt die Sekundär-Periode oder das Mittelalter der irdischen Lebewelt und diese reicht bis zum Schlusse der Kreideepoche. Sie ist eine Zeit von vorwiegender und mannigfacher Entwicklung der Reptilien, wobei mehrere derselben eine riesenhafte Größe erreicht haben. Mit ihnen zeigen sich hier die ersten Säugetiere, aber noch spärlich und noch in geringen Maßen.

Was die Trias im besonderen anbelangt, so umfaßt sie die Ablagerung des Buntsandsteins, des Muschelkalks und des Keupers.

Unter der Festlandflora des Bundsandsteins finden sich Reste von baumförmigen Equisetaceen oder Schachtelhalmgewächsen der Gattung Equisetites und einigen Farnen, ferner von Nadelhölzern, endlich den ersten einigermaßen sicheren Monocotyledonen.

Von Coniferen zeichnet sich durch Schönheit und Häufigkeit die Gattung Voltzia aus.

Fig. B. Voltzia heterophylla ist die gemeinste Art aus dem oberen Buntsandstein von Sulzbad im Elsaß, wo von ihr beblätterte Zweige, Blütenkätzchen und Fruchtzapfen vorkommen. Die Zweige tragen je nach ihrer Altersstufe zweierlei Blätter, kurze und lange. An Zweigenden finden sich gewöhnlich lange lineare Blätter, während die älteren Zweigteile mit kurzen pfriemenförmigen oder sichelförmigen Blättchen, ähnlich wie bei der lebenden Araucaria excelsa besetzt erscheinen. Die Zapfenschuppen sind vorn dreilappig.

Merkwürdig sind die auf Absatzflächen gewisser Buntsandsteinschichten vorkommenden Fußspuren oder Fährten, welche von großen vierfüßigen Tieren, die über die damals einen Strand bildende noch weiche Masse von Sand und Schlamm hinwegschritten, eingedrückt wurden. Man kennt aus gleicher Schichte sonst keine Reste des betreffenden Tieres. Die Fußabdrücke zeigen fünf Zehen, wovon eine einen freien Daumen darstellt. Darnach bezeichnete man das unbekannte Tier als Chirotherium oder Händetier. Man vermutet aber, daß es ein Amphibium aus der Ordnung der Stegocephalen oder Labyrinthodonten war.

Fig. J. stellt in verjüngtem Maße eine Sandsteinplatte von Hildburghausen mit den Fährten von Chirotherium dar. Die Vorderfüße sind kleiner als die Hinterfüße, welche letztere 20 cm Länge erreichen. In beiläufig derselben Schichthöhe fand sich zu Bernburg der wohlerhaltene Schädel eines Labyrinthodonten oder Stegocephalen, des Trematosaurus Brauni.

Der Muschelkalk von Deutschland, Lothringen und der Schweiz ist eine ausschließlich meerische Ablagerung, sehr arm an Pflanzenresten und mäßig reich an Resten von Meeresbewohnern. Letztere erfüllen in großer Individuenzahl einige Schichten oder Schichtenfolgen. Namentlich pflegen Muscheln oder Zweischaler in Menge sich abgelagert zu haben.

Wir betrachten einige Muschelkalkfossilien näher.

Fig. D. Encrinus liliiformis ist eine Crinoidee, die auf einem niedrigen Körper oder Kelch zehn Arme trägt Diese erscheinen gewöhnlich zusammengeschlagen. Alsdann gleicht der Kelch mit den Armen einigermaßen einem Maiskolben. Kelche sind ziemlich selten, um so häufiger gewöhnlich die dicken walzigen, auf den Gelenkflächen grobgestrahlten Stielglieder oder sogen. Entrochiten. (Fig. D2 und D3). Diese erfüllen zuweilen ganze Bänke des Muschelkalks fast für sich allein.

Fig. F. Terebratula vulgaris ist ein Brachiopode mit glatter Schale und doppelt gefaltetem Stirnteile, eine sogen. Biplicate, wie deren auch im heutigen Meere noch leben. Diese Art ist in manchen Lagen des Muschelkalks häufig.

Häufig ist auch im Muschelkalk eine sehr ungleichklappige und verkrümmt-ungleichseitige Muschel

Fig. E. Gervillia socialis.

Fig. G. Pemphix Sueuri, ist ein langschwänziger Krebs oder Decapode des Muschelkalks — der lebenden Seekrebsgattung Palinurus ähnlich.

Wir gehen zum Keuper über.

In seinen Sandsteinen und Schieferthonen findet sich gewöhnlich ein großer Reichtum an Land- und Sumpfpflanzen, meist Gattungen angehörig, die auch schon im Buntsandstein auftraten. Es sind besonders baumartige Schachtelhalmgewächse der Gattung Equisetites, dann auch Farne und Cycadeen.

Fig. C Pterophyllum Jaegeri gehört zu den letzteren. Es findet sich namentlich im mittleren oder grünen Keupersandstein von Stuttgart. Der Wedel ist langgestielt und einfach gefiedert, bis 0,5 Meter lang. Die Fiederblättchen sind bandförmig und gehen von den Spindeln fast rechtwinkelig ab. Blattnerven zahlreich, einfach parallel.

Reste der Tierwelt führt der Keuper in mäßiger Zahl. Wir heben die im Keuper vorkommenden Ceratodus-Zähne hervor. Sie sind flächenhaft ausgebreitet und an der äußeren Seite in mehrere vorspringende Falten ausgezogen. Man hielt sie lange für Zähne einer besonderen Familie der Haifische, kennt jetzt aber auch eine noch lebende Art (Ceratodus Forsteri). Diese Art bewohnt Sümpfe von Australien und ist einer der wenigen noch lebenden Doppelatmer oder Dipnoen, die eine Mittelstellung zwischen Fischen und Amphibien einnehmen und bald durch Kiemen bald durch Lungen atmen.

Fig. H. Wir bilden den Schädel von Mastodonsaurus giganteus oder M. Jaegeri ab. Er gehört zu den Stegocephalen oder Labyrinthodonten und zwar zu denen mit knochenartigen gepanzerten Formen. Der Schädel wird etwa 65 Ctm. lang, er ist flach und abgerundet dreiseitig. Am breiten Hinterhaupt bemerkt man die zwei starken Gelenkhöcker, wie sie bei Amphibien und Säugetieren vorkommen (Condyli occipitales). Die Fangzähne dieses gepanzerten Amphibiums werden 8 Ctm. lang. Sie zeigen im Innern eine labyrintisch verschlungene Faltung. Ihr entspricht an der Außenseite eine starke Längsstreifung, deren Furchen die Falten sind. Von dieser zusammengesetzten Faltung der Zahnsubstanz kommt auch die Benennung Labyrinthodonten oder Wickelzähner. Wir bilden einen solchen Fangzahn eines Mastodonsaurus ab; s. Fig. H2. und H3.

Die Reptilien sind im Keuper zahlreich vertreten und zum Teil durch riesenhafte Gestalten.

Zu diesen gehört in erster Linie Zanclodon laevis aus dem oberen Keupermergel von Stuttgart. Das ganze Tier mag eine Länge von 9—10 Meter erreicht haben. Es war ein Dinosaurier mit stark zusammengedrückten, etwas zurückgebogenen Zähnen. Der Bezahnung nach war es ein Fleischfresser. Die letzten krallentragenden Zehen-Phalangen desselben wurden 10—15 Ctm. lang.

Belodon Kapffi aus dem weißen Keupersandstein von Stuttgart war ein Vorfahre der Krokodile und ebenfalls mit harten Hornplatten gepanzert. Die ganze Länge des Tiers wird zu 7 Meter abgeschätzt.

Aus dem Keuper stammen auch die ältesten bekannt gewordenen Funde von Säugetieren. Es sind einzelne Zähne oder mit Zähnen besetzte Unterkiefer, die auf kleine Beuteltiere oder Marsupialien deuten. Hierher gehört Dromatherium aus dem Keuper von Nord-Carolina, man kennt davon den Unterkiefer, der dem eines Insekten fressenden Beuteltiers am meisten gleicht.

Fußspuren problematischer Festlandbewohner zeigen sich auf Schichtflächen des Keupersandsteins im Connecticutthale in Massachusetts, Nordamerika.

Fig. K. ist eine solche Sandsteinplatte, stark verkleinert. Sie stellt Ornithichnites giganteus dar. Diese Fußspuren sind dreizehig, wurden lange auf Vögel bezogen und Ornithichniten oder Vogelfährten genannt. Jedenfalls sind es Fährten von dreizehigen aufrechtgehenden Landtieren.

Man ist aber nach besserer Kenntnis der Ueberzeugung, daß sie nicht von Vögeln, sondern von aufrechtgehenden dreizehigen Dinosauriern herrühren. Man findet ebenda auch Abdrücke vierzehiger Füße, die andern Arten derselben Ordnung zuzuschreiben sind.

Ornithichnites giganteus gehört zu den größten der dreizehigen Fußabdrücke. Der Fuß erreicht hier eine Länge von etwa 0,63 Meter.

Fig. L. stellt einen solchen Fuß nach seinen Einzelheiten dar. Auf dieser letzteren Abbildung einer Sandsteinplatte bemerkt man auch sogen. „fossile Regentropfen". Es sind kleine rundliche Eindrücke auf den Schichtungsflächen. Man erklärt sie durch den Aufschlag fallender Regentropfen, die während der Ebbe auf das damalige schlammigsandige Ufer niedergingen, von der nächsten Flut aber mit Schlamm bedeckt wurden.

Im Alpengebiete erscheinen die drei Stufen der Trias-Formationen durch mehr oder minder abweichende Gesteinsbildungen vertreten. Namentlich finden sich hier an der Stelle des Keupers der Hallstätter Kalk und der darüber folgende Dachsteinkalk abgelagert. Es sind Absätze aus offenem Meere und durch eine reichliche Meeresfauna als solche bezeichnet.

Besonders sind einige Lagen des Hallstätter Kalks reich an schönen Ammoniten und einigen andern Schaltierresten.

Wir heben von ihnen nur den prachtvollen Ammonites Metternichi von Hallstatt hervor, der 0,6 Meter Durchmesser und darüber erreicht. Er bildet eine stark zusammengedrückte Scheibe mit schneidigem Rande.

Ähnlich wie in den Alpenländern zeigen sich die Trias-Gebilde auch im Himalaya, in der Sierra Nevada von Kalifornien und andern Teilen der Erde. Man muß darnach annehmen, daß sie hier die eigentliche Gestaltung von Meeresabsätzen und Meeresfauna darstellt. In Deutschland und einigen anstoßenden Gegenden aber war damals nur Festland, Sumpf und seichtes Meer vertreten.

Tafel VIII.

Das ideale Landschaftsbild der Triaszeit in Deutschland bringt folgende Pflanzen- und Tierformen zur Darstellung.

Fig. 1. Equisetites columnaris, ein baumartiger Schachtelhalm.

Fig. 2. Voltzia heterophylla, ein Nadelholz.

Fig. 3. Mastodonsaurus, ein Stegocephale oder gepanzertes Amphibium.

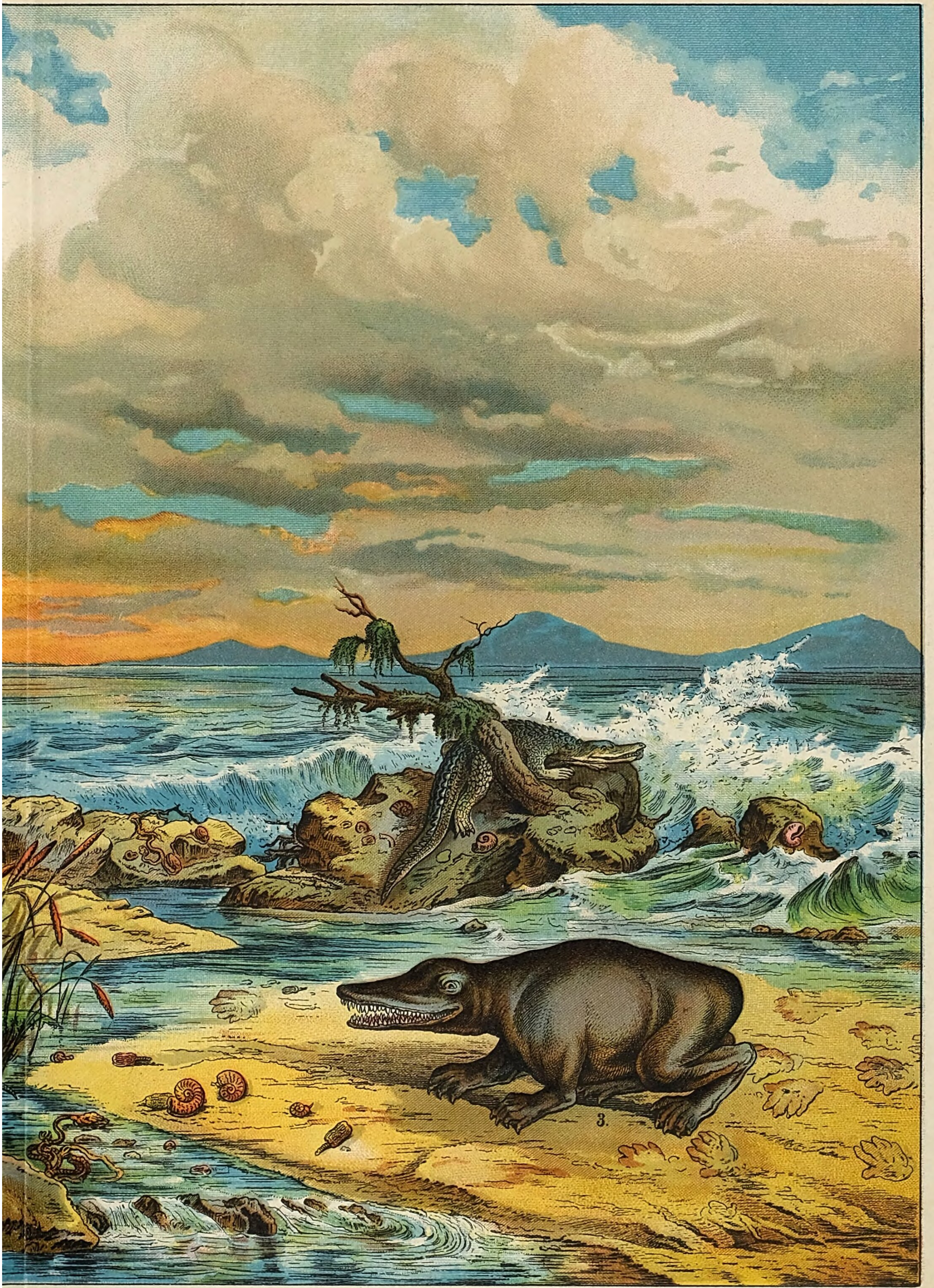
R. Owen dachte sich die Mastodonsauren und ihre Verwandte als schwanzlose Froschgestalten. Von ihr oder einem ihrer Verwandten leitete derselbe Paläontolog auch die (dem sog. Chirotherium zugeschriebenen) handähnlichen Fußtapfen des Buntsandsteins ab. Von diesem Gesichtspunkt aus stellt unsere Figur den restaurierten Mastodonsaurus dar. Neuere Funde ergeben indessen, daß viele Stegocephalen eine langgeschwänzte molchartige Gestalt besaßen und ziehen Owens Hypothese von der Froschform der Mastodonsauren den Boden unter den Füßen weg.

Fig. 4. Belodon Kapffi war ein Vorläufer der Gaviale und der Krokodile mit einem ungemein kräftig ausgebildeten Rückenpanzer von verknöcherten Hornschildern.



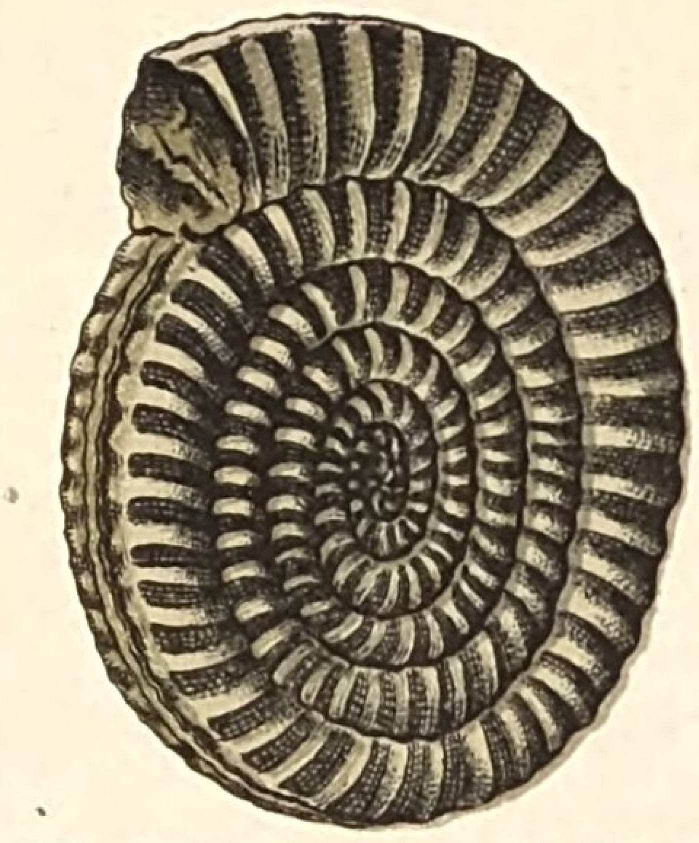
Ideales Landschaftsbild d

1. Equisetum columnare. 2. Voltzia heterophy

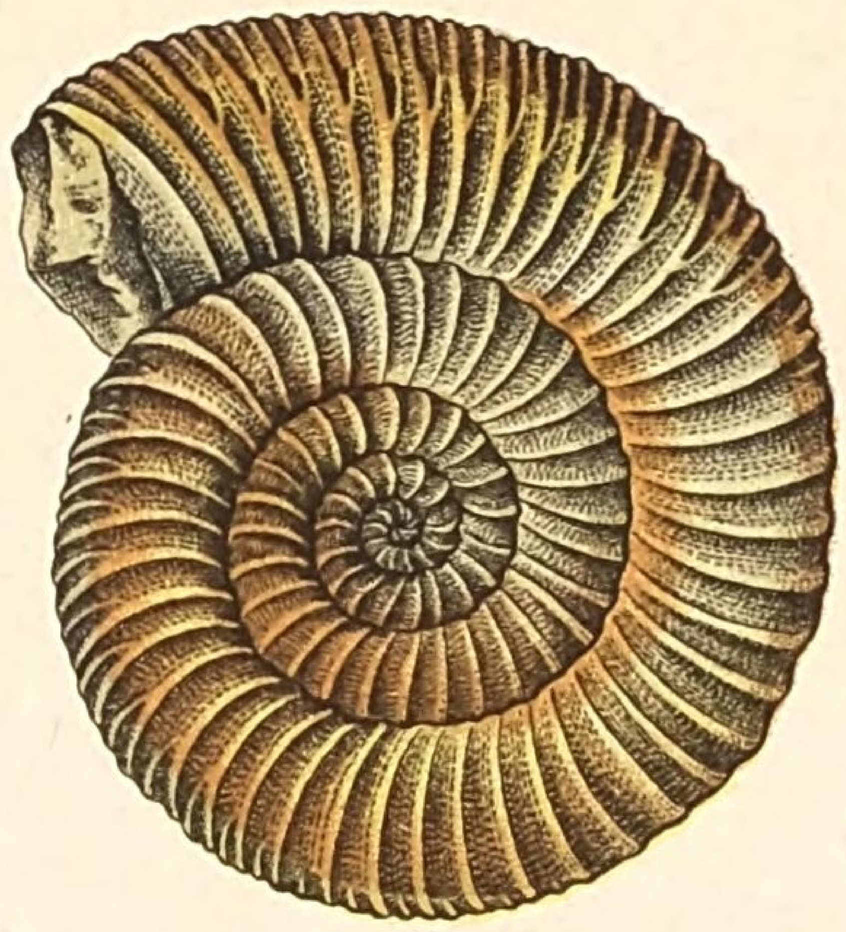


der Triasperiode in Deutſchland.

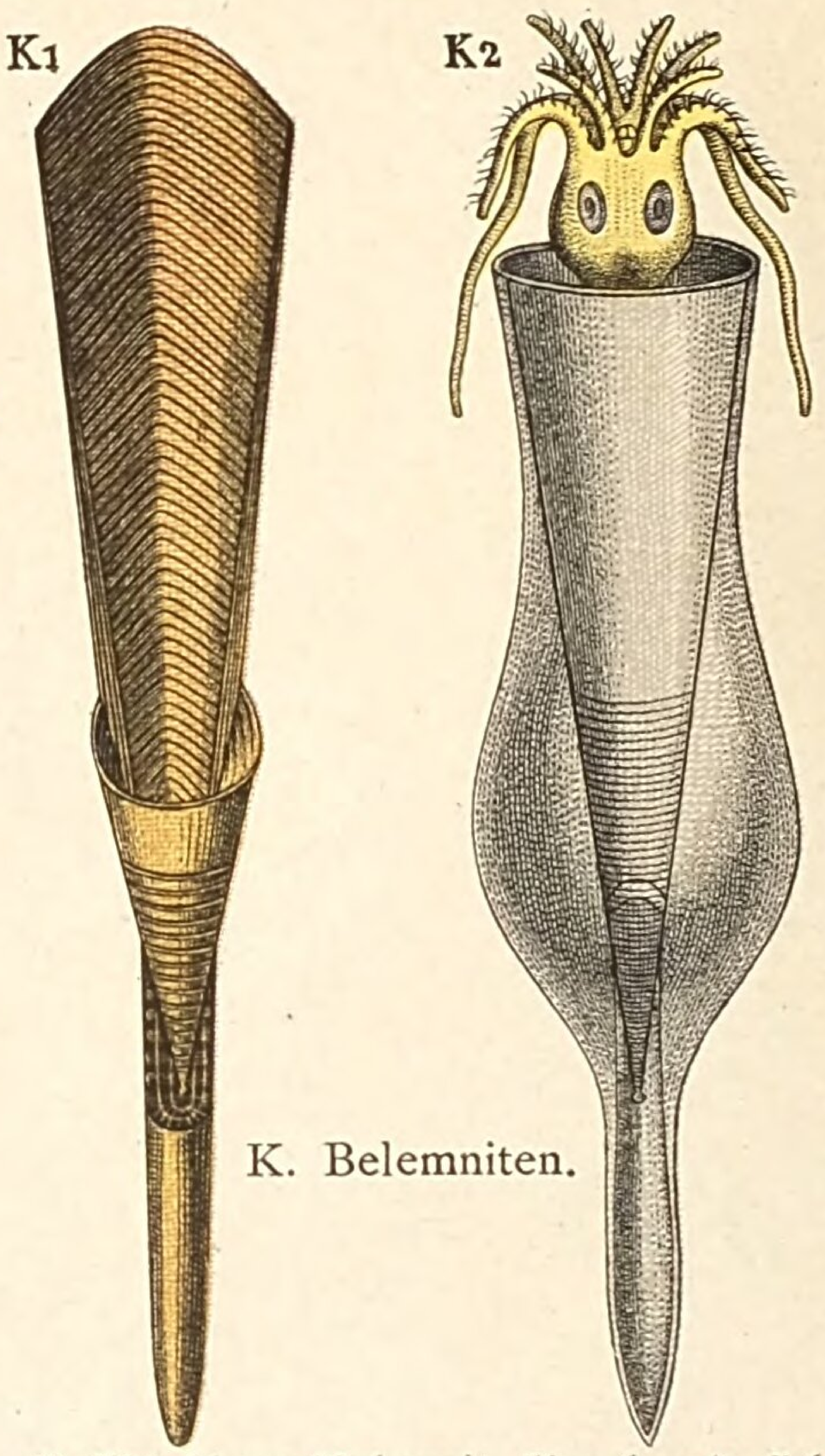
ylla. 3. Mastodonsaurus. 4. Belodon Kapffii.



H. Ammonites spiralissimus

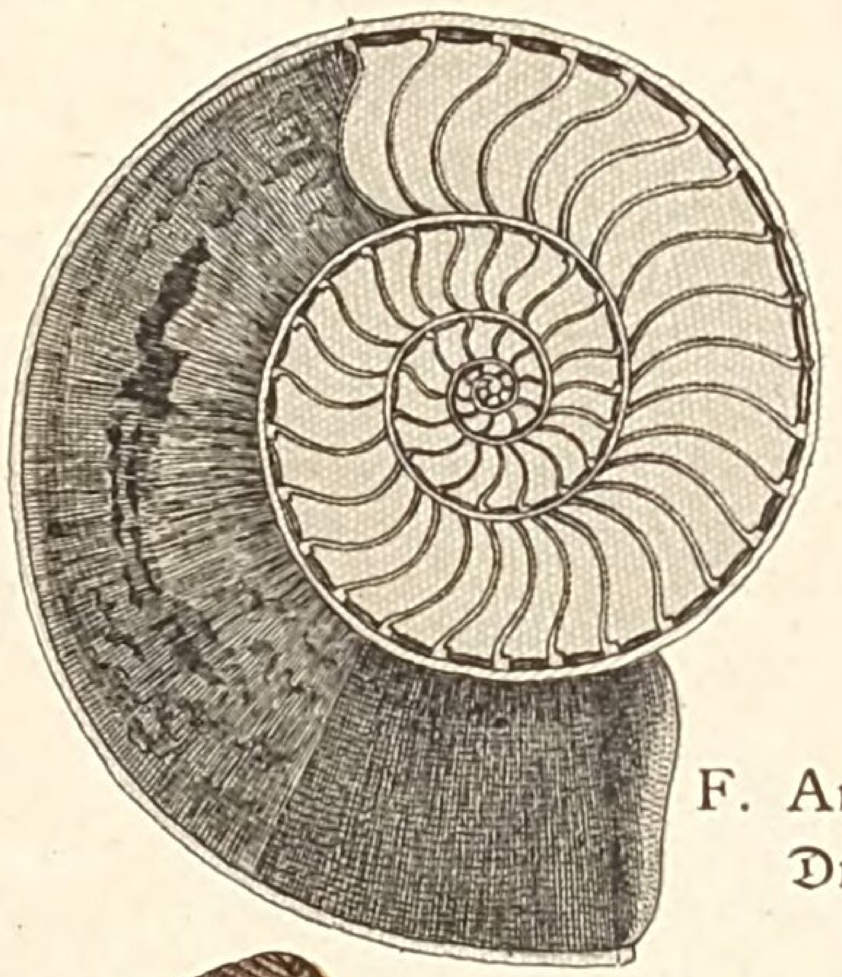


I. Ammonites biplex.

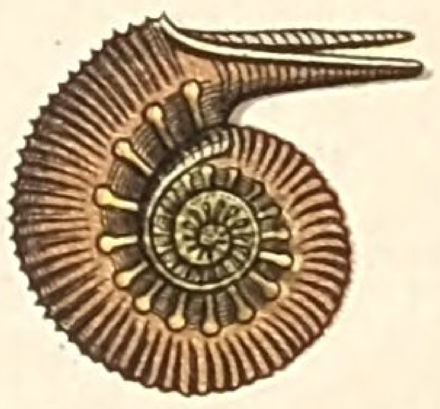


K. Belemniten.

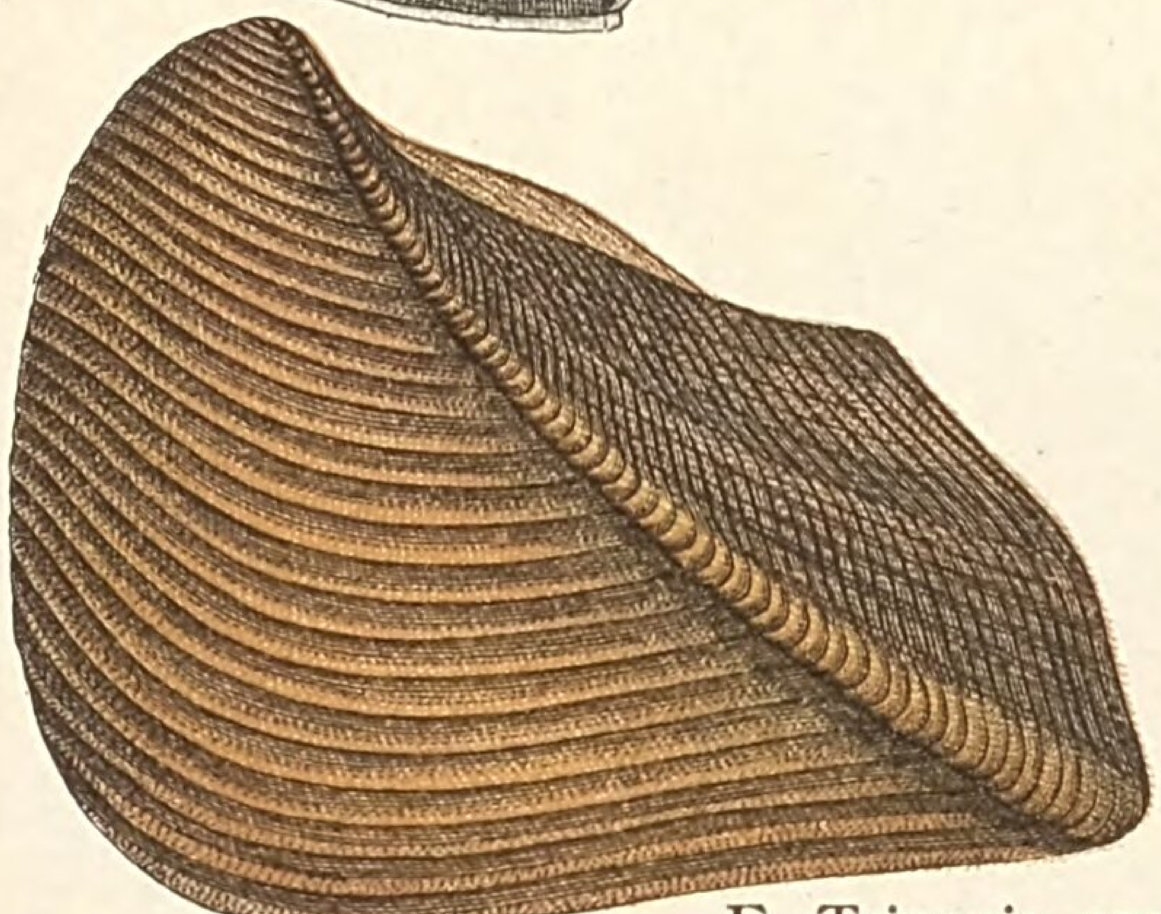
K 1. Vollständiger Belemnit, Kegel und Schulp.
K 2. Idealer Belemnit.



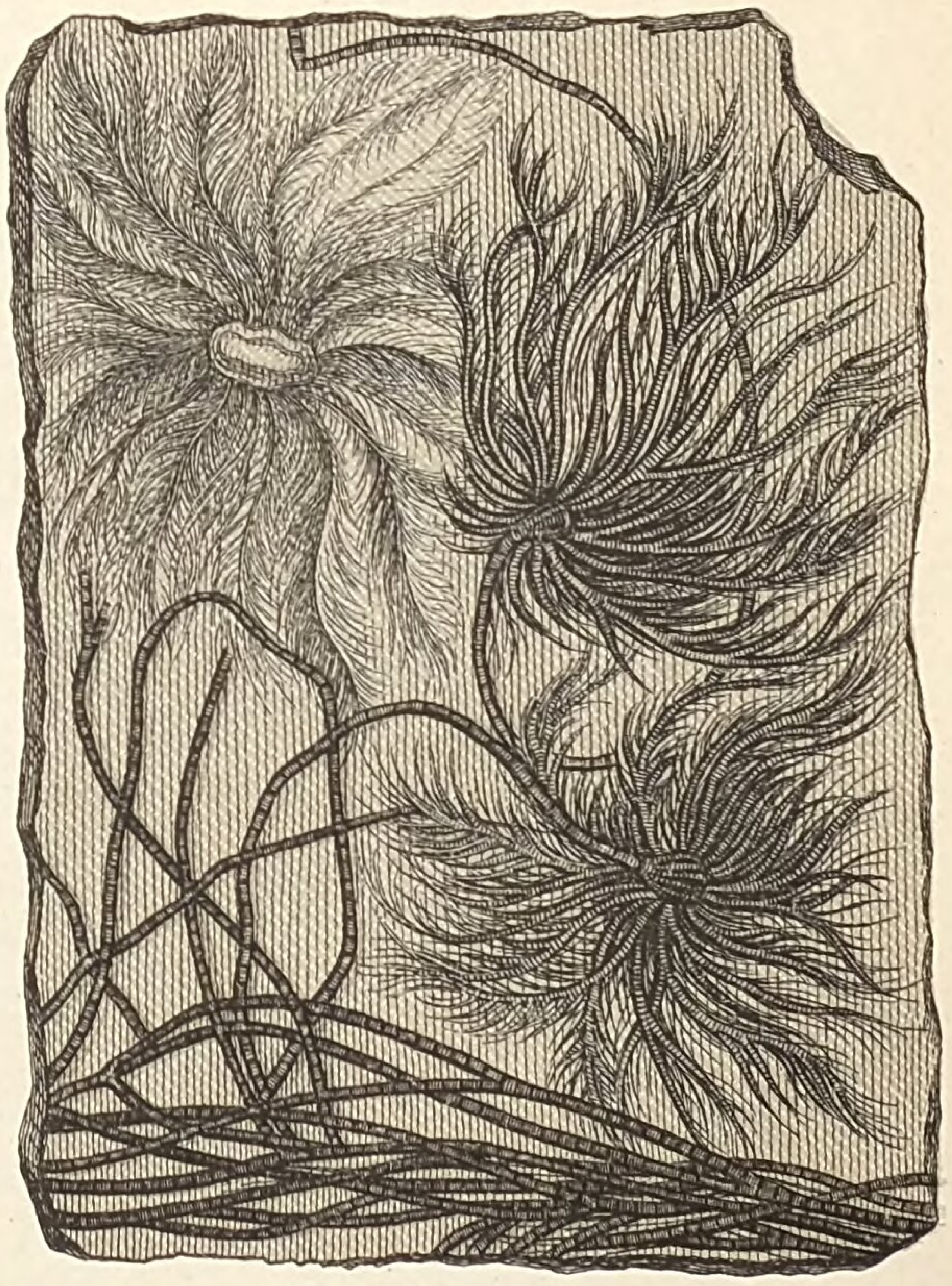
F. Ammonites obtusus, Durchschnitt.



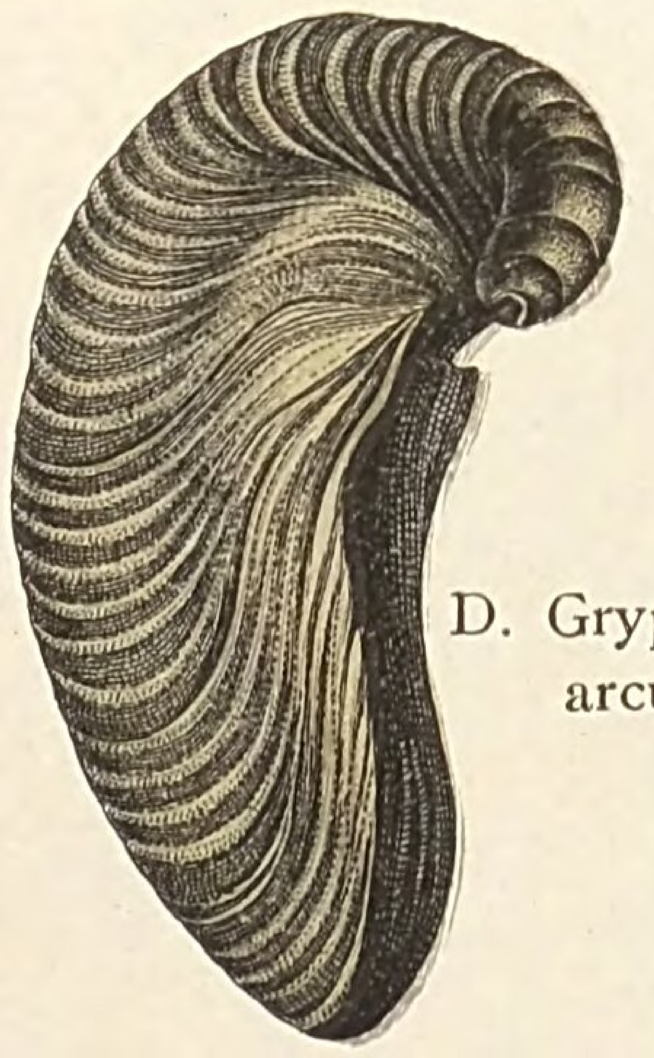
G. Ammonites Jason.



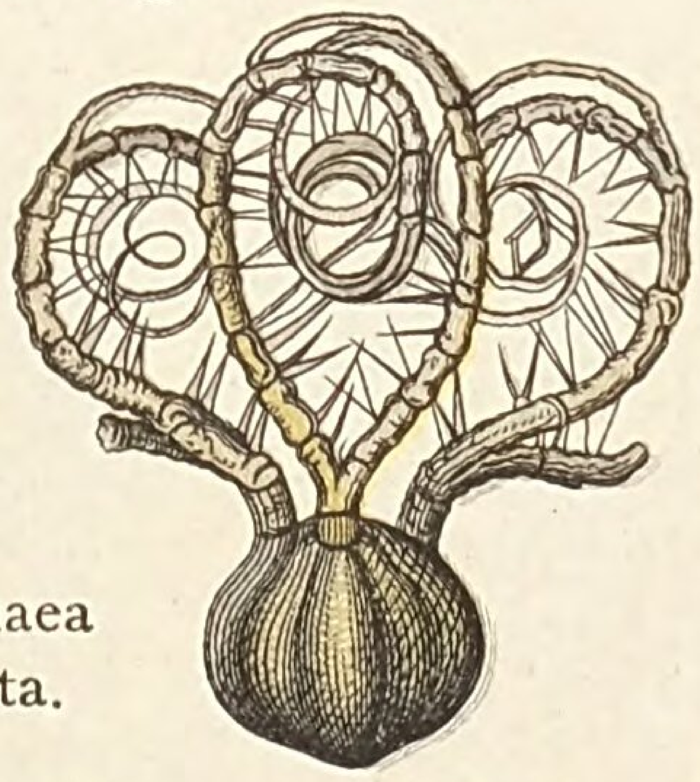
E. Trigonia costata.



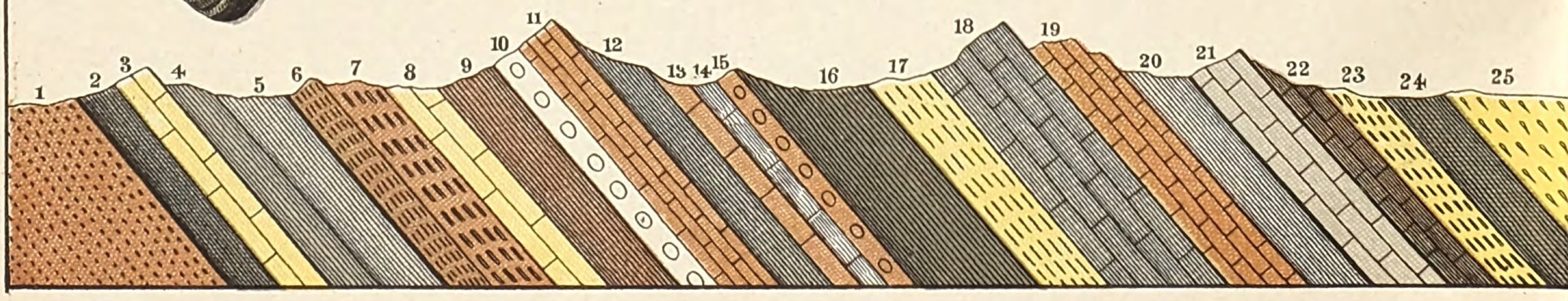
B. Pentacrinus.



D. Gryphaea arcuata.

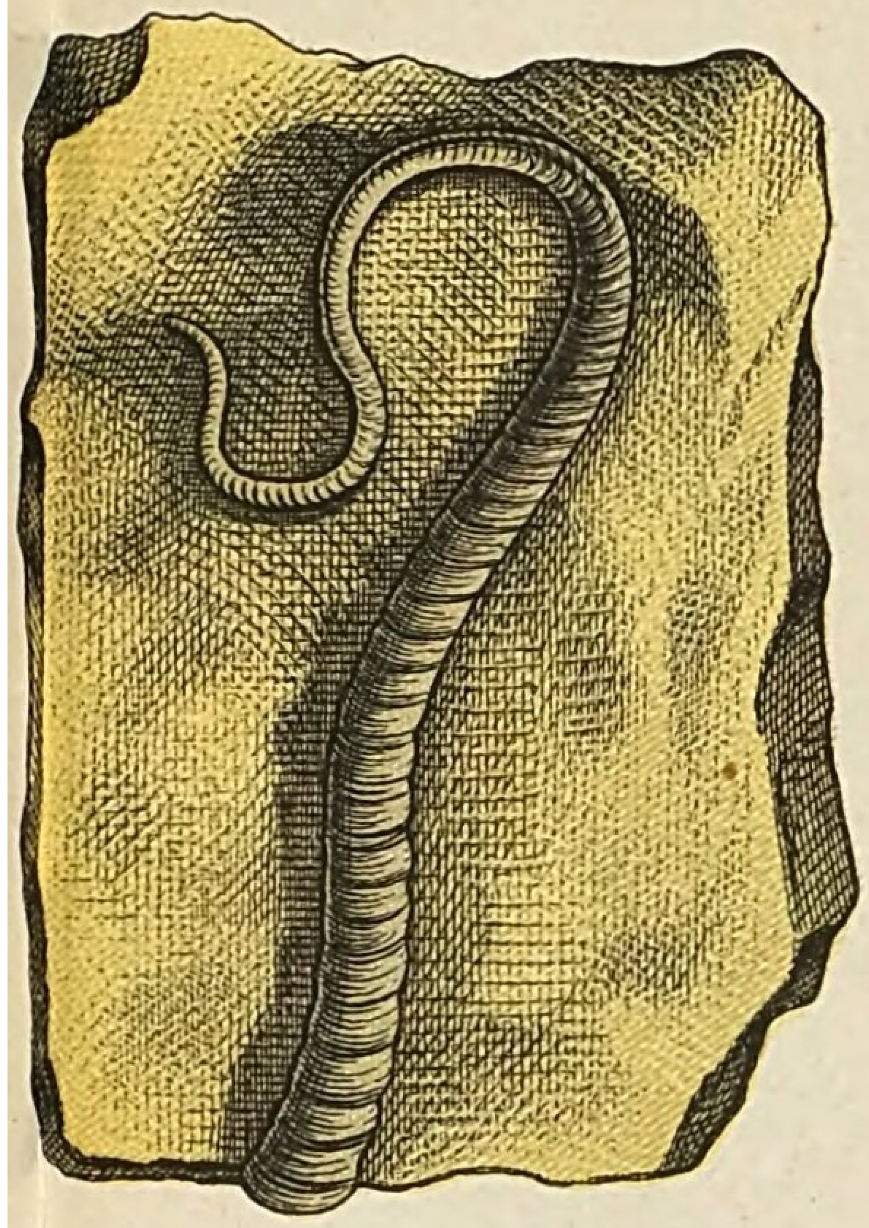


C. Saccocoma pectinata.

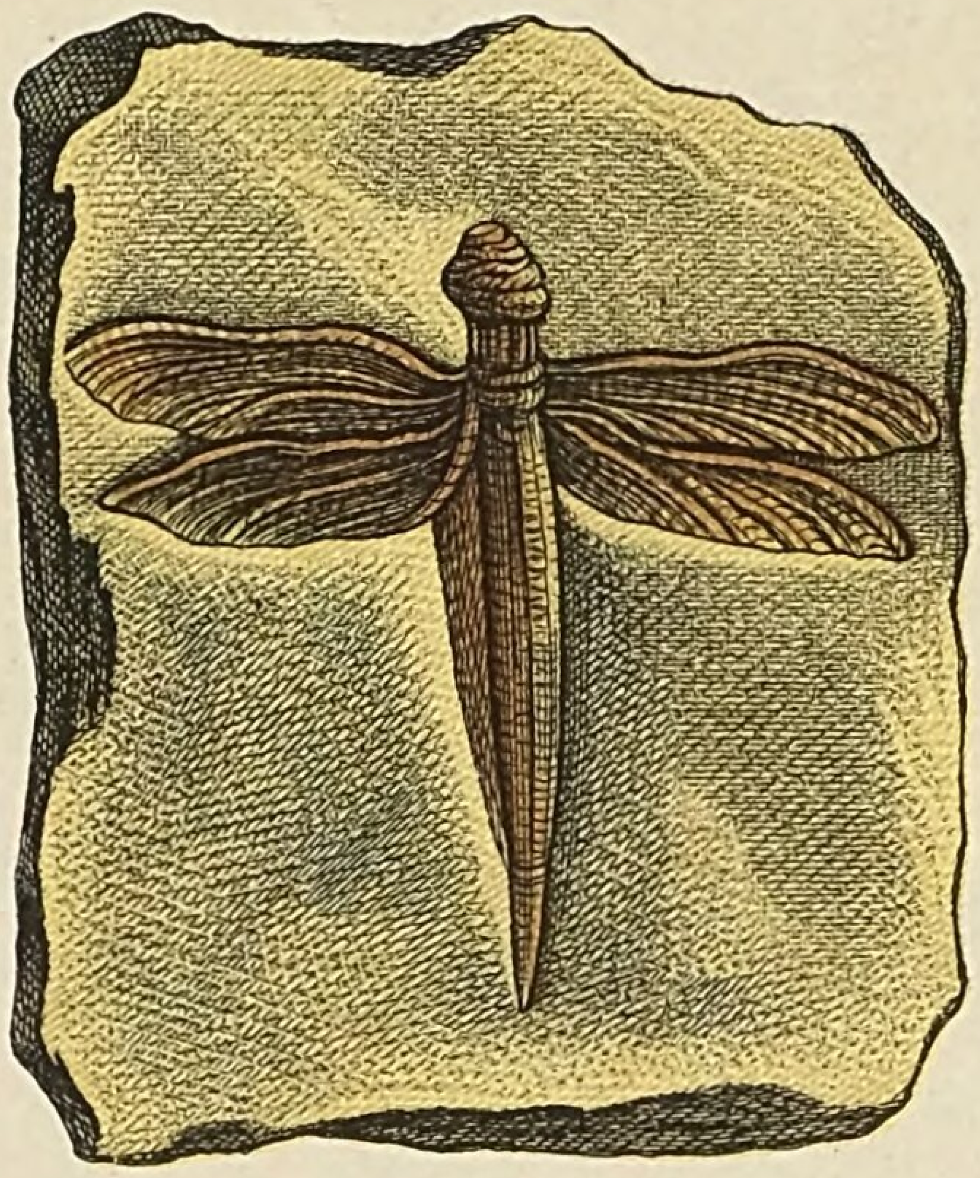


A. Idealer Durchschnitt der Juraformation in England.

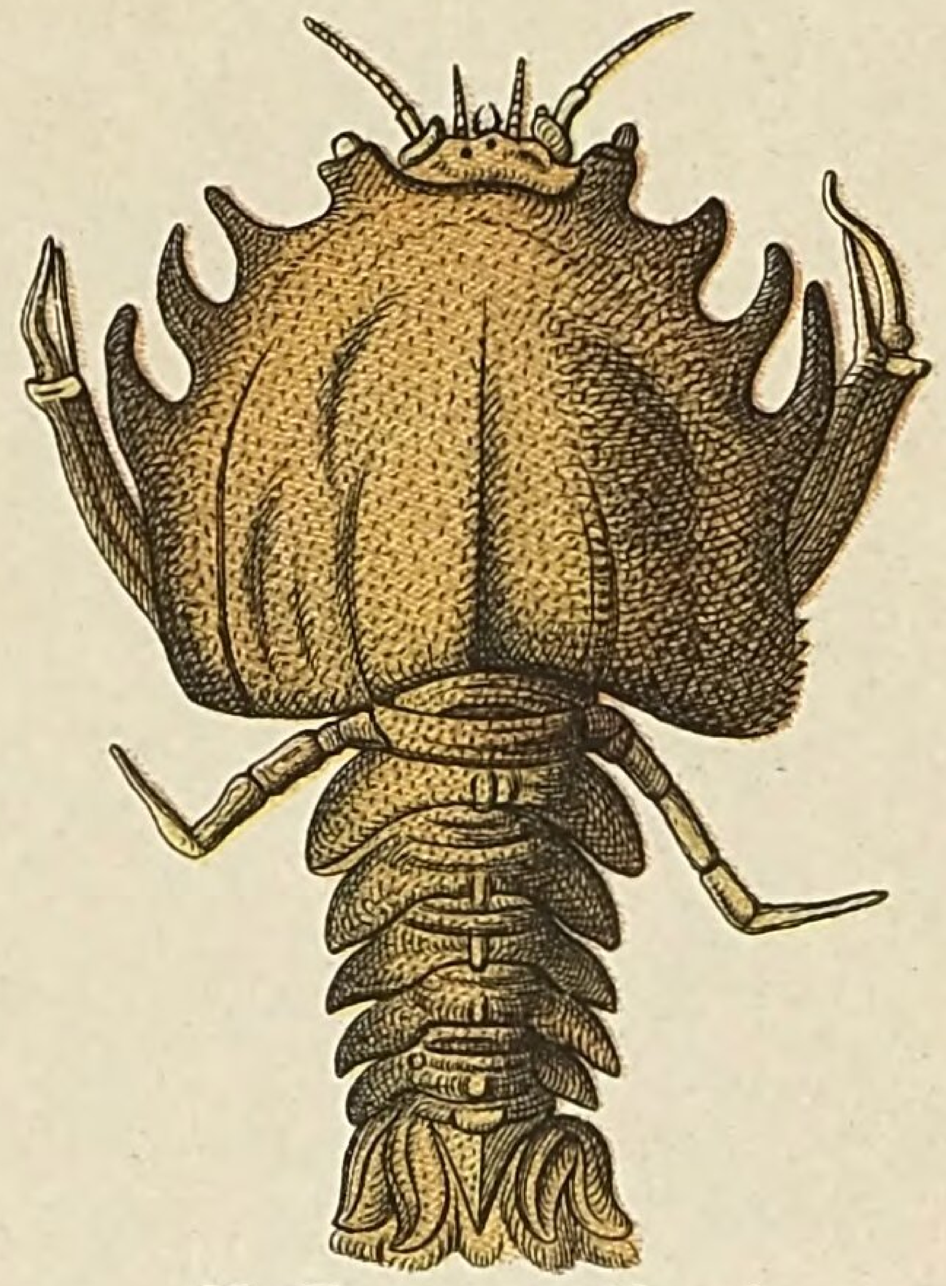
1. Keuper. 2. Unterer Liasschiefer. 3. Gryphiten- oder unterer Liaskalk. 4. Liasmergel. 5. Oberer Liasschiefer. 6. Mergeliger Sandstein. 7. Eisen-Oolith. 8. Quader-Oolith. 9. Walkererde. 10. Plattenschiefer von Stonesfield. 11. Oolithenkalk. 12. Bradfordthon. 13. Mergel. 14. Bathonien, Oolithenkalk. 15. Callovien, Sandkalk. 16. Oxfordthon. 17. Kalkiger Sandstein. 18. Korallenkalk. 19. Eisen-Oolith. 20. Kimmeridge-Mergel. 21. Portlandkalk. 22. Purbeckschichten. 23. Hastingssand. 24. Wälderthon. 25. Kreide.



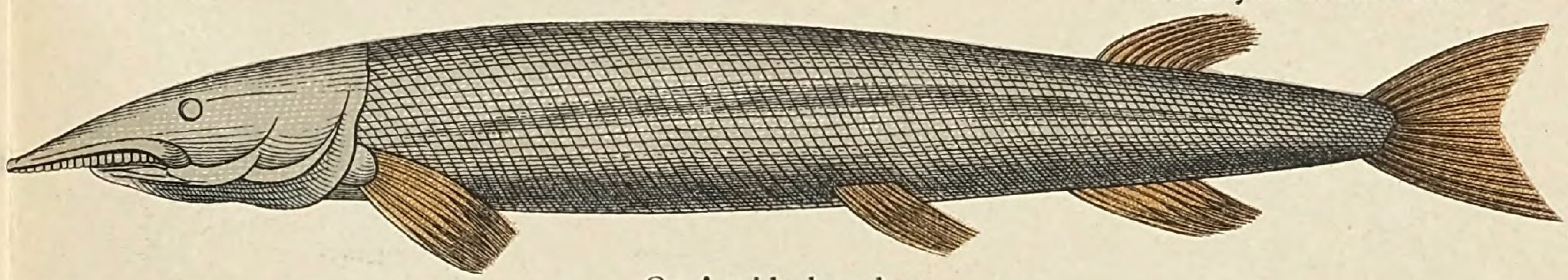
L. Serpula flagellum.



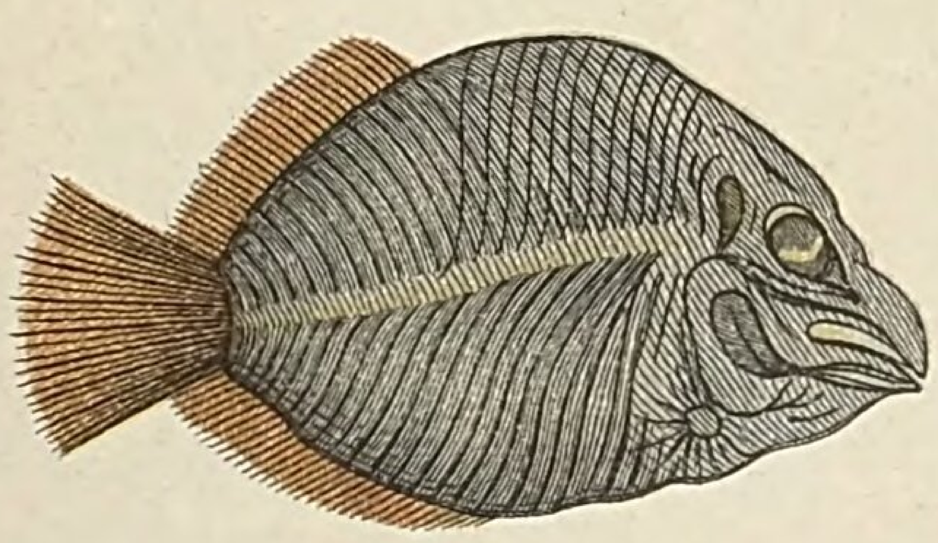
M. Libellula.



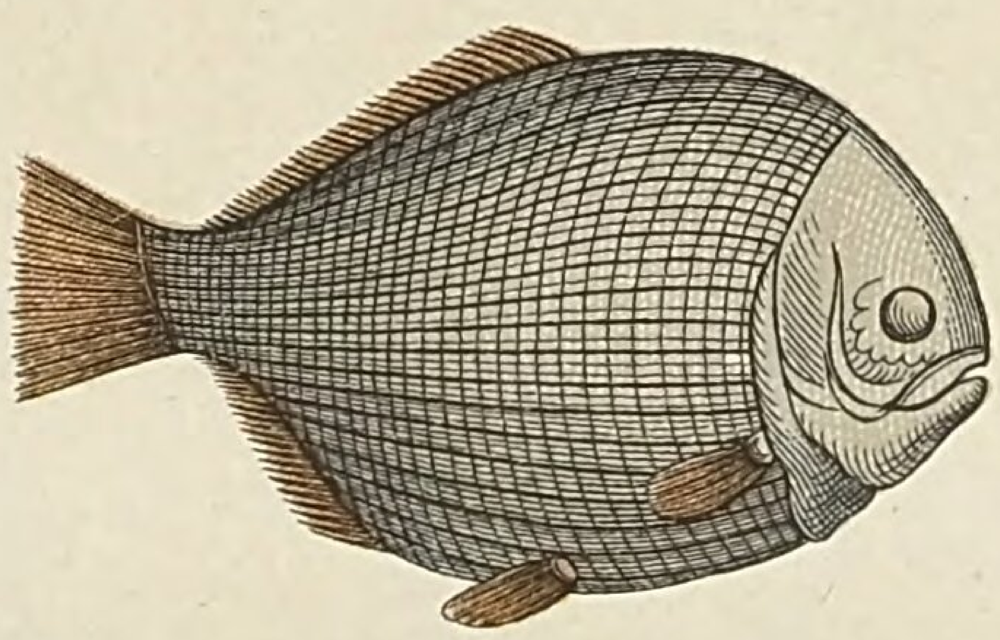
N. Eryon arctiformis.



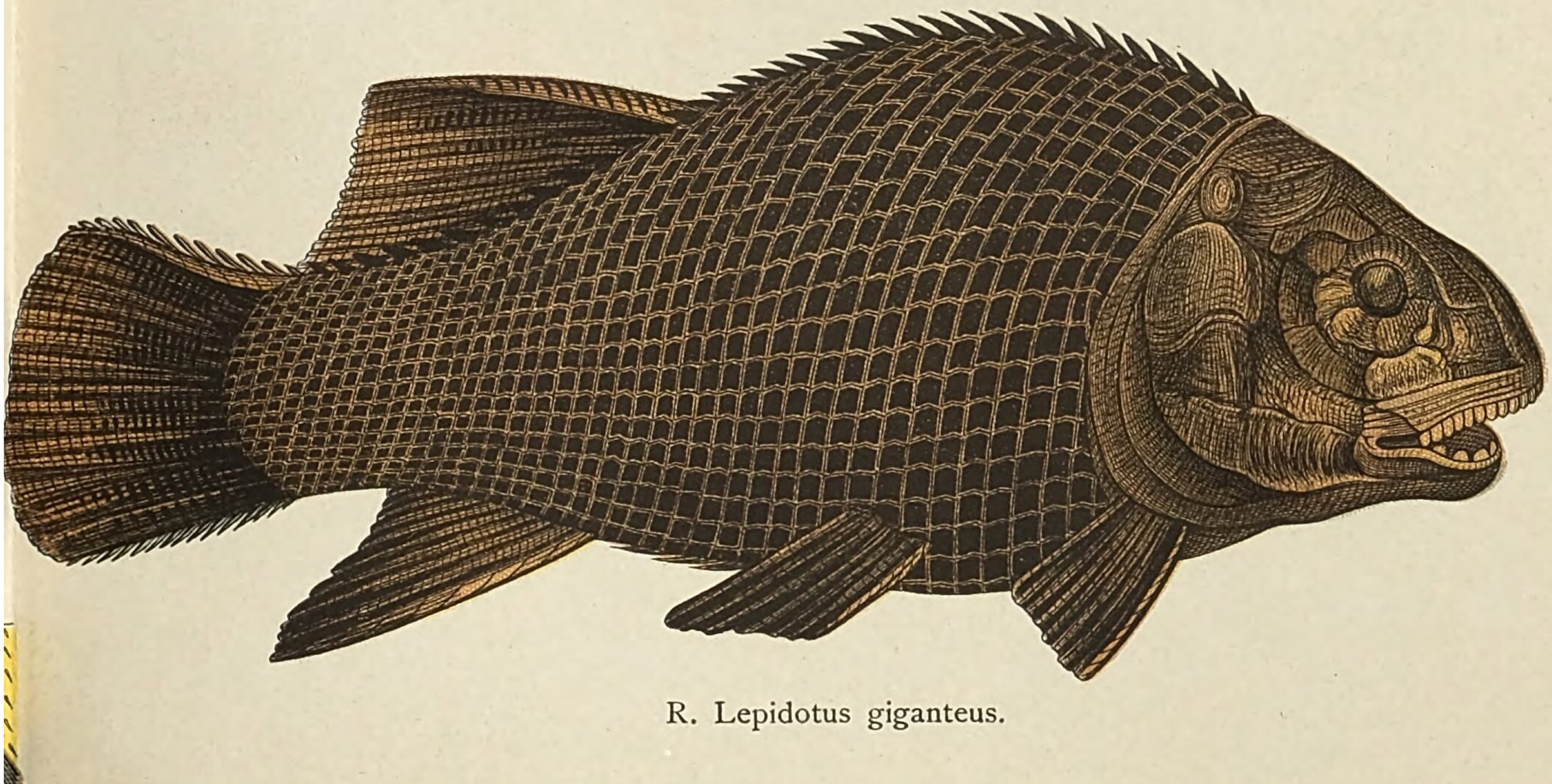
O. Aspidorhynchus.



P. Pycnodus rhombus.



Q. Tetragonolepis.



R. Lepidotus giganteus.

Die Jura-Epoche.

Sie umfaßt oberhalb des Keupers eine Folge von zahlreichen Lagern, von denen die meisten Meeresabsätze sind. Unter ihnen erscheinen auch ansehnliche Riffbauten von Korallen und von Seeschwämmen oder Spongien. Überhaupt sind die meisten Lager reich an Resten von Meerestieren. Manche ergeben namentlich eine Fülle von schönen Ammoniten und Belemniten. Andere führen Fische und Saurier. Endlich kommen auch Lager voll Tange oder Meeresalgen vor.

Die jurasische Schichtenfolge läßt sich in drei Gruppen abteilen — den unteren Jura, oder Lias — den mittleren oder braunen Jura, auch Dogger genannt — und den oberen oder weißen Jura.

Tafel IX.

Aus dem Lias bilden wir folgende Arten ab.

Fig. B. Pentacrinus. Es ist eine Crinoidee. Die Abbildung stellt drei auf langen Stielen sitzende Individuen dar. Der Körper oder Kelch ist klein, trägt aber lange vielfach verästelte Arme. Der Stiel, mittelst dessen das Tier am Meeresboden festsaß, erreichte zum Teil eine Länge von 7—10 Metern. Vollständige Pentacrinus-Exemplare finden sich besonders im unteren Lias von England und im mittleren Lias von Schwaben. Im heutigen Meere leben noch mehrere Arten.

Fig. D. Gryphaea arcuata bildet in einem der Kalklager des unteren Lias Bänke von beträchtlicher Ausdehnung und findet sich in diesen zu vielen Tausenden zusammen abgelagert. Die Gryphäen stehen den Austern, Gattung Ostrea, sehr nahe und sind ebenfalls sehr ungleichklappig. Aber die bauchige Unterschale ist am Wirbel stark eingerollt und die obere Schale stellt nur einen kleinen flachen Deckel dar. Die Schalenoberfläche ist welligrunzelig.

Von großer Bedeutung für fast alle fossilführenden Lager der Juraformation sind die Ammoniten und die Belemniten, beide ausschließliche Meeresbewohner.

Die Ammoniten sind spiraleingerollte Schaltiere aus der Klasse der Cephalopoden oder Kopffüßer. Unter den Gattungen des heutigen Meeres steht ihnen der Nautilus am nächsten. Dazu kommen noch ältere fossile Verwandte, wie namentlich die Goniatiten (Taf. III. Fig. 24). Wir erörterten diese älteren Verwandten der Ammoniten schon Seite 24 und 26.

Fig. F. Ammonites obtusus, in der Median-Ebene durchgeschnitten. Der letzte Umgang stellt die Wohnkammer des Tieres dar. Dahinter liegen die Luftkammern, mehr als 30 an der Zahl, jede von der nächsten und die letzte von der Wohnkammer durch eine Scheidewand oder ein Septum abgeschieden. Die Scheidewände sind an der Innenfläche des Gehäuses in einer sehr zusammengesetzten Linie angeheftet. Dies ist die Nahtlinie oder Sutur. Sie bildet gegen vorn gerichtete Biegungen oder Sättel und gegen hinten gerichtete oder Loben. Bei den echten Ammoniten, wie sie L. von Buch abgrenzte, sind Loben und Sättel angeblich stets gezahnt. Doch hat sich später gezeigt, daß dies nicht durchgreifend der Fall ist. Vom Hinterende des Tieres ging ein sehniger Strang, der Sipho, an der Rückenseite des Gehäuses (der Bauchseite des Tieres) in die Wohnkammern ab. Wo dieser die Scheidewände durchsetzte, bildeten letztere eine gegen vorn gewendete Düte. Unser Durchschnitt schneidet sie in ihrer Mitte.

Fig. H. Ammonites spiralissimus, ist eine im unteren Lias von Tübingen häufige Art. Die Umgänge des Gehäuses bedecken zahlreiche Querrippen, der Rücken aber trägt einen von zwei Furchen eingefaßten Kiel.

Andere Ammonites-Arten im unteren Lias erreichen einen Durchmesser von $^2/_3$ Meter.

Die Belemniten sind gewöhnlich die getreuen Begleiter der Ammoniten. Exemplare, welche die feste Kalkschale des Tieres einigermaßen vollständig darstellen, sind selten, aber noch seltener solche, welche auch noch erhaltene Weichteile desselben erkennen lassen. Aus der Vergleichung dieser Funde mit lebenden Cephalopoden ergibt sich dann, daß die Belemniten in die Ordnung der Dibranchiaten oder Zweikiemer gehören und etwa die Gattungen Sepia und Spirula in den heutigen Meeren zu den nächsten Verwandten haben.

Die Kalkschale wurde von dem Tiere innerlich getragen und bestand aus drei wesentlichen Stücken, dem Phragmocon, der Schulpe und dem Schnabel.

Der Phragmoconus oder gekammerte Kegel, auch Alveolit genannt, ist eine gekammerte Schale mit Scheidewänden und einem randständigen Sipho, ganz ähnlich dem Gehäuse der im silurischen System schon beginnenden Gattung Orthoceras.

Die Schulpe ist eine platte Verlängerung des Rückenteils des Phragmoconus. Sie entspricht der flachen kalkigen Rückenplatte der lebenden Sepia oder dem sogen. Os Sepiae.

An das untere oder hintere Ende des Phragmoconus setzt sich der Schnabel oder das Rostrum an. Es ist ein länglicher meist gestreckt-kegelförmiger Anhang des Phragmoconus und besteht aus dichter strahligfaseriger Kalkspatmasse. Das Belemniten-Rostrum ist der häufigste Ueberrest der Schale, er entspricht dem kleinen Stachel am unteren Ende der Rückenschulpe der lebenden Sepien. Man bezeichnete es ehedem auch als Donnerkeil (griechisch belemnon, das Geschoß).

Das Tier besaß wahrscheinlich zehn kurze Arme über dem Kopfe. Sie trugen jeder zwei Reihen horniger Häckchen. Auch besaß das Tier gleich wie die Sepia einen Tintenbeutel.

Man kennt aus der Juraformation und der Kreideformation ungefähr 350 Arten von Belemniten, sie sind sämtlich ausgestorben.

Fig. K. stellt eine vollständige Belemnitenschale dar, Phragmoconus mit Schulpe und Schnabel.

Fig. K2. gibt die Gestalt des Tieres, wie es lebend beiläufig ausgesehen haben mag.

Bei den Fischen des Lias bemerkt man, daß die Ganoiden oder Schmelzschupper beinahe oder ganz gleichlappige Schwanzflossen besitzen, so die Gattungen Tetragonolepis, Dapedius, Lepidotus, Aspidorhynchus. Man nennt diese darnach gleichlappige oder homocerke Formen; sie stehen im Gegensatz zu den ungleichlappigen der älteren Formationen.

Fig. O. Tetragonolepis begreift meist kleinere Schmelzfische mit rhombischen Schmelzschuppen und von platter hoher und kurzer Körpergestalt. Der Rachen ist klein und mit zugespitzten Zähnchen besetzt. Rückenflosse und Afterflosse lang, Brustflosse und Bauchflosse klein. Arten im Lias. Dapedius ist eine verwandte Gattung, ebenfalls im Lias, aber mit zweispitzigen Zähnen.

Fig. R. Lepidotus begreift gleichfalls eckschuppige Ganoiden. Die Körpergestalt ist fast karpfenähnlich, die Entwicklung der Flossen mittelmäßig. Die Zähne sind stumpfkegelförmig. Diese Gattung beginnt im Lias und erlöscht erst mit den unteren Tertiärschichten von Paris. Lepidotus Elvensis im oberen Lias von Schwaben wird 65 Ctm. lang.

Von den Reptilien des Lias heben wir Teleosaurus, Plesiosaurus und Ichthyosaurus hervor.*)

*) Die anderen Nummern der Tafel IX. sind unter den Versteinerungen des mittleren Jura, Seite 32 und folgende beschrieben.

Tafel X.

Fig. B. Teleosaurus oder Mystriosaurus ist ein Vorfahre der Gaviale oder langschnauzigen Krokodile von Südasien, namentlich des Ganges-Gavials. Aber die Wirbel sind noch biconcav — wie die der Fische. Die schlanke schmale Schnauze trägt zahlreiche schlank-kegelförmige Zähne. Die großen Augenhöhlen liegen weit zurück und sind nach oben gerichtet. Den Rücken bedecken Reihen von starken viereckigen verknöcherten Schildern, ähnlich wie bei den heutigen Gavialen. Die Gliedmaßen sind mit freien Zehen, vorn 5 und hinten 4 versehen. Die Teleosauren beginnen im Lias und verlieren sich mit dem oberen Jura. Sie werden bis 6 Meter lang.

Fig. C. Plesiosaurus ist eine im unteren Lias von England zuerst auftauchende und in der Kreide erlöschende Gattung der flossenfüßigen Reptilien oder Halisaurier von sehr abenteuerlicher Gestalt. An den kurzen fast walzigen Leib schließt sich ein langgestreckter, aus zahlreichen (bis zu 40) Wirbeln zusammengesetzter Hals an. Er trägt einen flachen, verhältnismäßig kleinen Kopf, dessen Rachen gestreifte langkegelige Zähne führt. Vordere und hintere Gliedmaßen sind flossenförmig. Es sind schlanke fünfzehige Ruderflossen, die eine Platte von zahlreichen Täfelchen enthalten. Sie sind ähnlich denen der Meerschildkröten. Die Plesiosauren waren 3—5 Meter lange Meeresbewohner und mögen nach ihrer schlanken Körpergestalt behende Schwimmer gewesen sein, die, wie man annimmt, den Schwänen ähnlich Kopf und Hals über dem Wasser trugen.

Vertreter einer andern Familie der Halisaurier-Ordnung ist die Gattung Ichthyosaurus.

Sie begreift kurzhalsige Meeres-Reptilien von ziemlich gedrungener, den Delphinen ähnlicher Körpergestalt. Der Schädel bildet etwa ein Viertel der gesamten Länge. Er trägt eine lange zugespitzte Schnauze mit zahlreichen gestreiften kegelförmigen Zähnen. Die Augen liegen weit zurück und zeichnen sich durch ungewöhnliche Größe aus. Die Hornhaut derselben trägt aber noch einen starken aus einer Reihe von Knochentäfelchen gebildeten Ring, den Scleroticai-Ring, ähnlich wie er auch heute noch bei lebenden Eidechsen vorkommt. Die Zahl der Wirbel ist sehr groß und geht oft über 150. Sie sind kurz und biconcav (ähnlich wie bei Fischen). Die vier Ruderflossen sind breite Platten von zahlreichen, teils viereckigen, teils vieleckigen Täfelchen. Ihre Zahl beträgt in einer Flosse zuweilen über 100. Sie stehen in 5—6 Reihen.

Die Ichthyosauren erreichten eine Länge von 6—10 Meter und darüber. So viele Skelette derselben auch der untere Lias von England und der obere Lias von Schwaben und Franken schon geliefert haben, fand sich doch noch niemals mit ihnen eine Spur von Schuppen oder Hautschildern, was übrigens auch von Plesiosaurus und den andern Halisauriern gilt. Man nimmt daher an, daß diese überhaupt eine nackte Haut, ähnlich wie die heutigen Delphine und Balänen, besaßen.

Wohl aber kennt man noch eigentümlich gestaltete Kotballen oder Koprolithen von Ichthyosauren. Sie sind namentlich in England häufig im unteren Lias von Lyme Regis, Dorsetshire, zum Teil zusammen mit den Gerippen. In Deutschland sind sie selten. Sie zeigen die Gestalt eines Lärchenzapfens und sind spiralig gewunden, was andeutet, daß das Tier an der Innenseite des Darms eine spirale Falte besaß. Sie werden 5—8 Ctm. lang. In ihrem Innern erkennt man noch unverdaute Fischschuppen, also Ueberreste der Nahrung und Beweise der räuberischen Lebensweise der Ichthyosauren.

Fig. D. zeigt das vollständige Skelett und den ergänzenden Körperumriß des Ichthyosaurus communis aus dem unteren Lias von Lyme Regis in England.

Fig. E I. zeigt den Kopf desselben von der Seite.

Fig. E 2. denselben von oben.

Fig. H. die Koprolithen desselben.

Fig. F. ist ein Zahn von Ichthyosaurus platyodon in natürlicher Größe.

Wir lassen nun die Darstellung einiger Versteinerungen aus dem mittleren Jura folgen.

Taf. **IX. Fig. E.** Trigonia costata ist ein gleichklappiger ziemlich dickschaliger Zweischaler von einigermaßen dreieckigem Umrisse. Die Oberfläche zeigt eine Verzierung mit starken dem Unterrande gleichlaufenden Rippen, die gegen hinten an einem starken Radialwulst abstoßen. Diese Art findet sich in mehreren Lagern des mittleren Jura. Sehr ähnliche Arten finden sich auch noch im oberen Jura. Die Gattung Trigonia lebt heute noch in Australien.

Taf. **IX. Fig. G.** Ammonites Jason ist eine der zierlichsten Ammonitenarten des mittleren Jura. Der Rücken des Gehäuses ist abgeplattet und beiderseits mit feinen Zähnen besetzt. An den Seiten verlaufen gegabelte Querrippen. Vollständig erhaltene Gehäuse zeigen an jeder Seite der Mündung einen gestreckten Vorsprung oder ein sogen. Ohr.

Zu Stonesfield in England fanden sich in einem Kalkschiefer des mittleren Jura mehrere zahntragende Unterkiefer, die man für Reste von insektenfressenden Beuteltieren hält.

Fig. M. Amphitherium Prevosti, auch Thylacotherium genannt, hat in jeder Unterkieferhälfte 16 Zähne.

Fig. N. Phascolotherium Bucklandi hat in jeder Hälfte 11 Zähne.

Wir betrachten noch folgende Arten aus dem oberen oder weißen Jura.

Taf. **IX. Fig. C.** Saccocoma pectinata war eine frei umherschwimmende Crinoidee, von welcher sich im lithographischen Kalkschiefer von Solnhofen und Eichstedt häufig schöne Exemplare finden. Der Körper oder Kelch ist fast kugelig und ganz ungestielt. Er trägt fünf den Mund umgebende und nahe über dem Kelchrand sich gabelnde Arme. Diese sind gegliedert und tragen seitlich feine Aestchen oder Dornen.

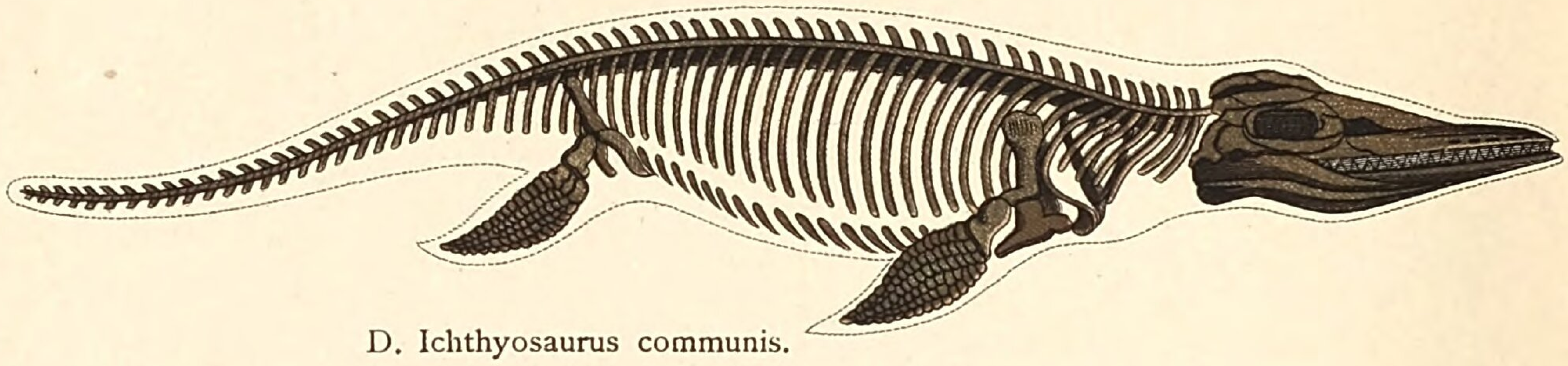
Taf. **IX. Fig. J.** Ammonites biplex ist ein im oberen Jura von Schwaben und Franken häufiger Ammonit aus der Abteilung der Planulaten, der zuweilen 30 Ctm. Durchmesser erreicht. Das Gehäuse ist nur schwach eingerollt und trägt zahlreiche deutliche, über den Schalenrücken gegabelte Querrippen.

Taf. **IX. Fig. L.** Serpula flagellum ist ein Röhrenwurm oder Annelide des oberen Jura. Die kalkige Röhre, welche dem Tiere als Wohnung diente, ist wurmförmig und erweitert sich nach vorn. Von dieser Gattung Serpula kommen übrigens noch eine Menge von Arten im mittleren und oberen Jura vor.

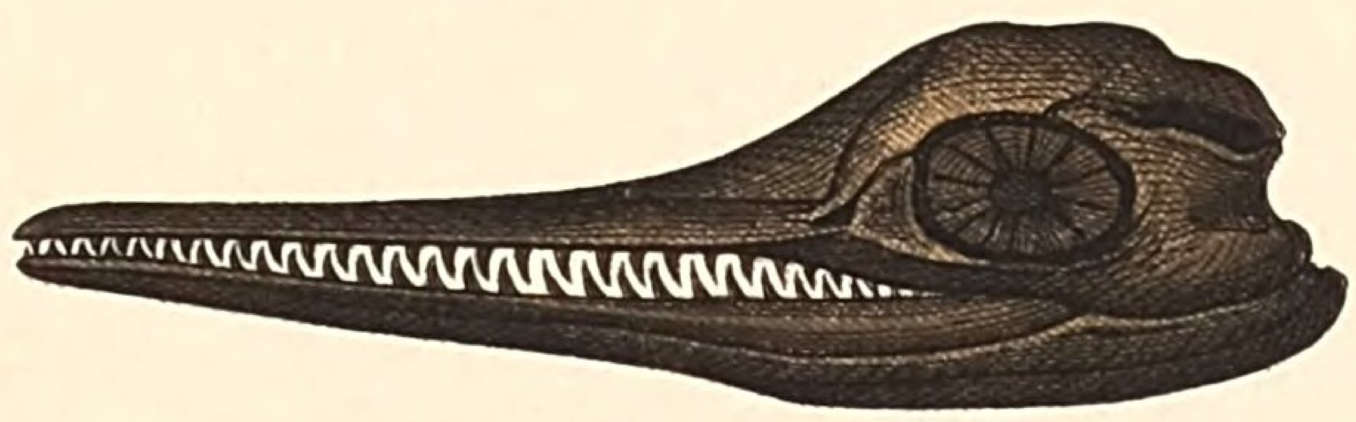
Taf. **IX. Fig. N.** Eryon arctiformis ist ein im Kalkschiefer des oberen Jura zu Solnhofen in Franken nicht selten vorkommender Seekrebs aus der Ordnung der langschwänzigen zehnfüßigen Krebse. Das Kopfbrustschild ist breit und flach, die Scheeren klein und schlank. Eryon arctiformis wird 13 Ctm. lang. Man kennt von dieser und verwandten Gattungen im Solnhofener Schiefer auch fossile Larven oder Phyllosomen, die den Spinnen sehr ähneln und früher auch für Spinnen gehalten wurden.

Taf. **IX. Fig. M.** Libellen oder Wasserjungfern finden sich hin und wieder im Solnhofener Schiefer zusammen mit andern Insekten erhalten und erreichen hier eine ansehnliche Größe. An guten Exemplaren erkennt man noch das feinste Geäder der Flügel.

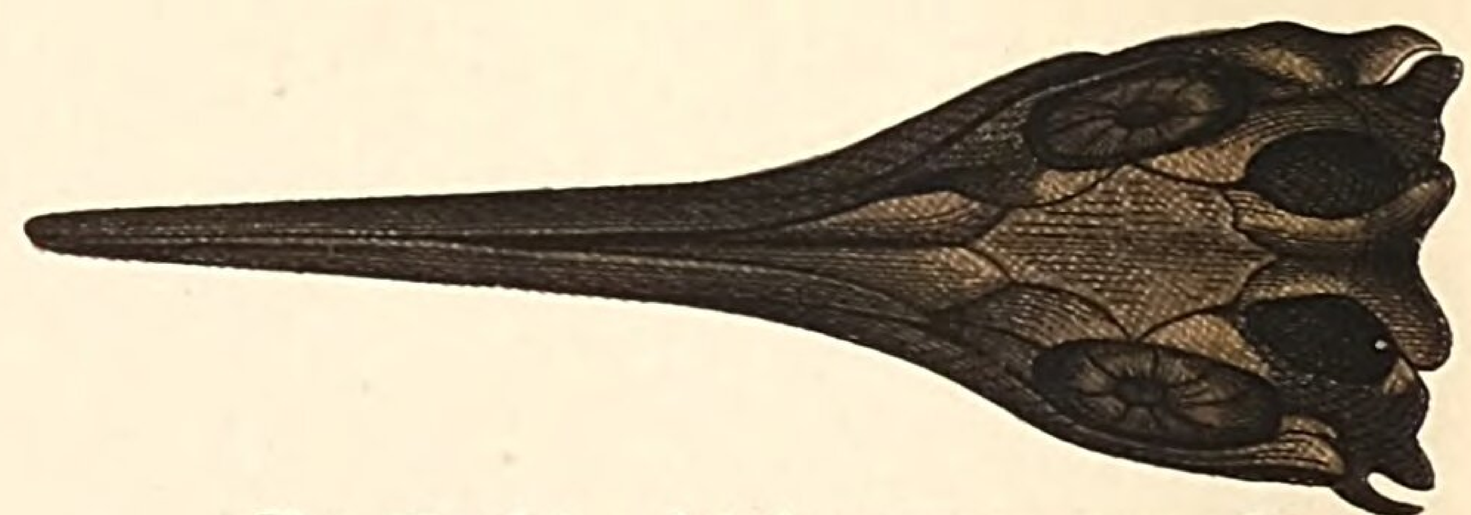
Unter den Fischen erscheinen im oberen Jura die Ganoiden oder Schmelzschupper noch sehr reichlich vertreten, unter ihnen leitet die den Häringen nahe verwandte Gattung Leptolepis zu den Knochenfischen oder Teleostiern über.



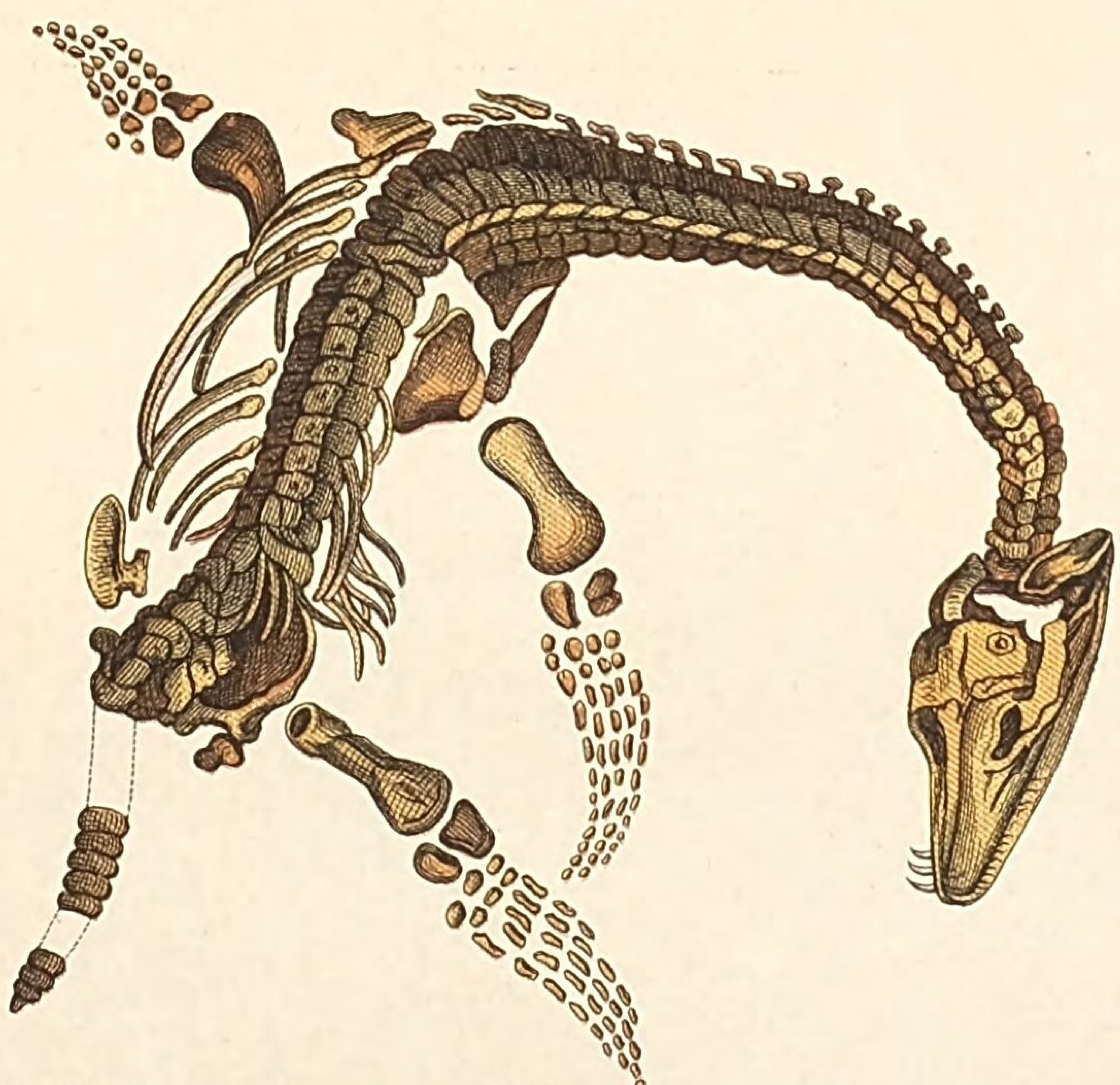
D. Ichthyosaurus communis.



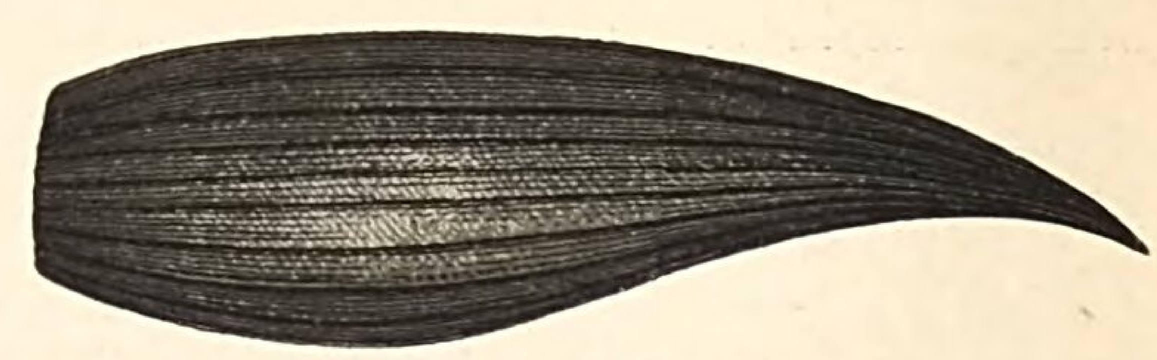
E 1. Kopf des Ichthyosaurus von der Seite.



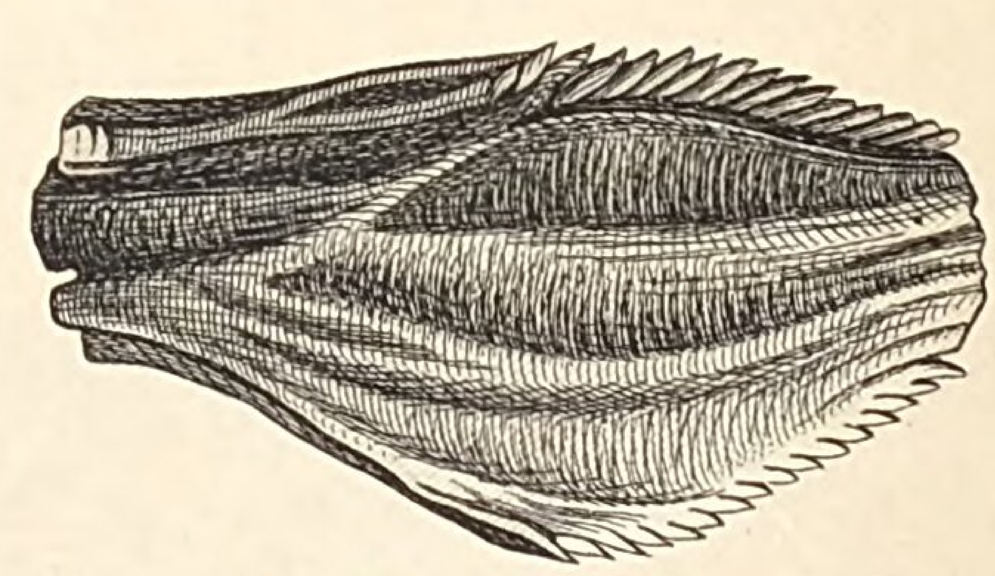
E 2. Kopf des Ichthyosaurus von oben.



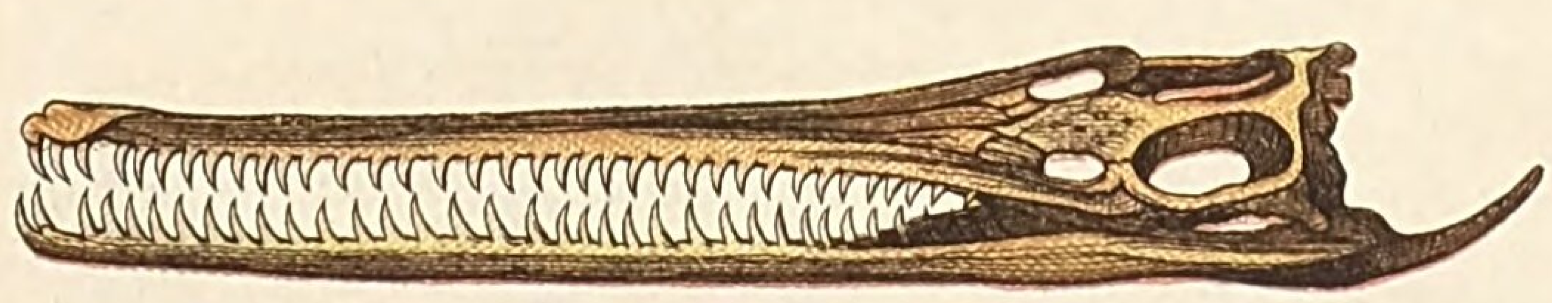
C. Plesiosaurus macrocephalus.



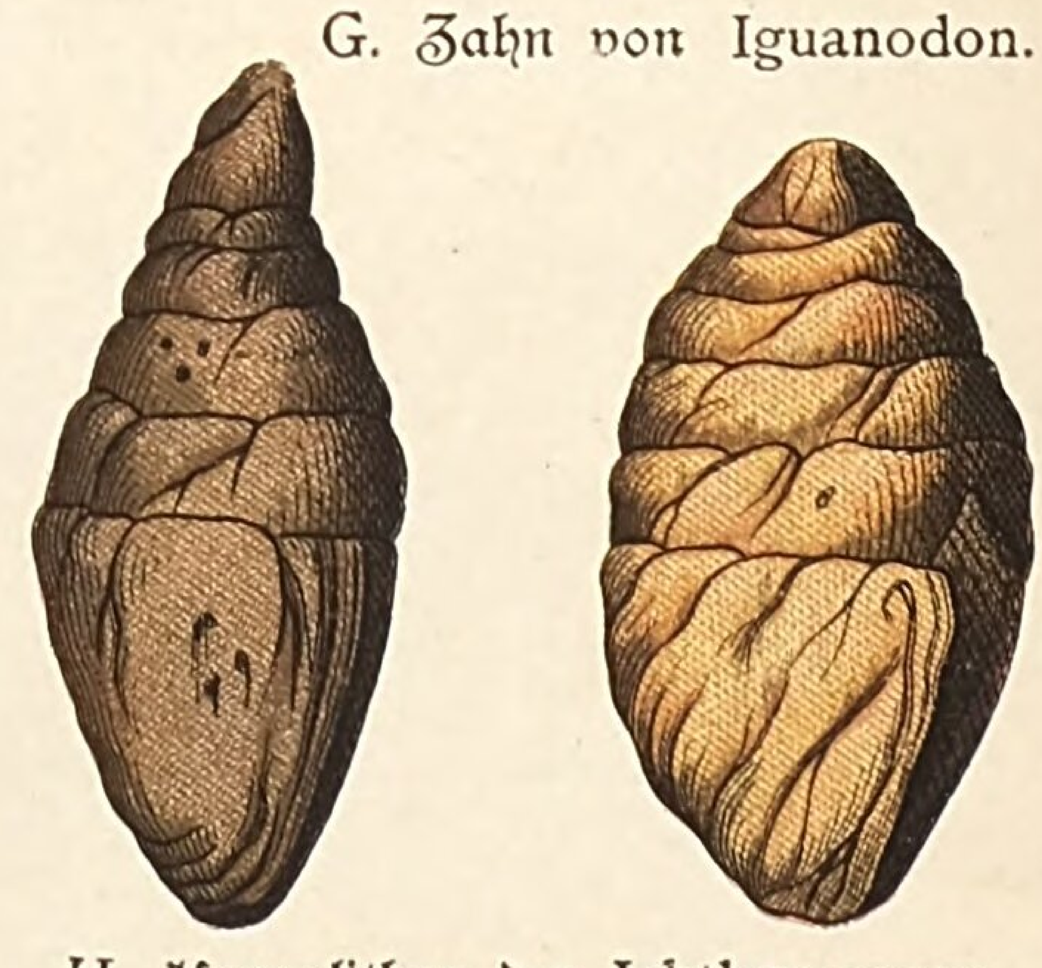
F. Zahn des Ichthyosaurus.



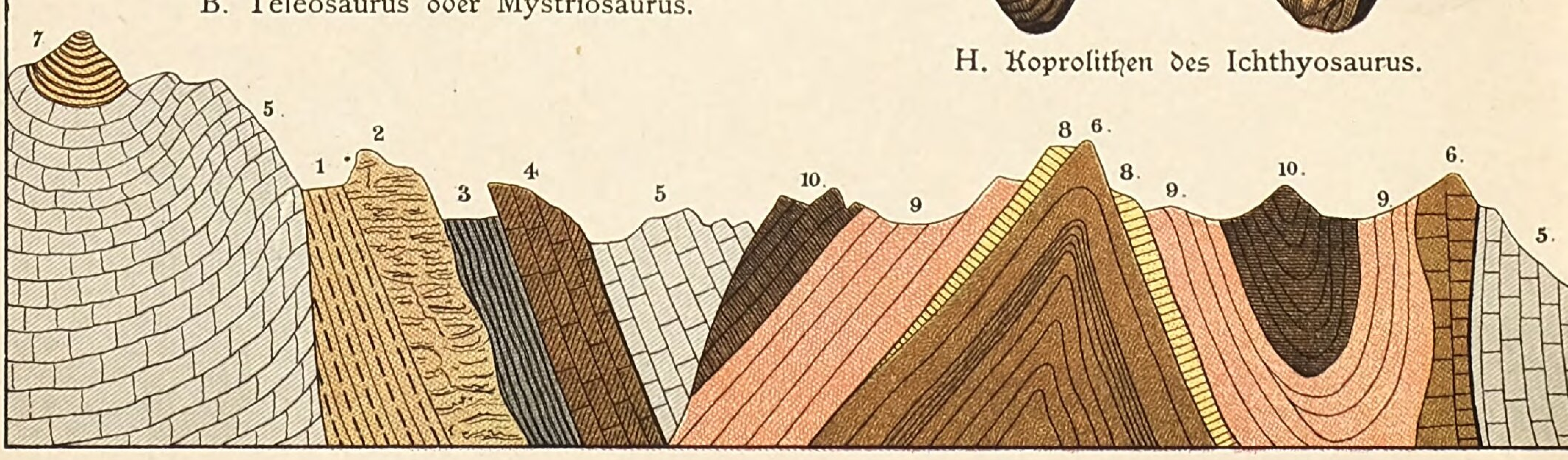
G. Zahn von Iguanodon.



B. Teleosaurus oder Mystriosaurus.



H. Koprolithen des Ichthyosaurus.

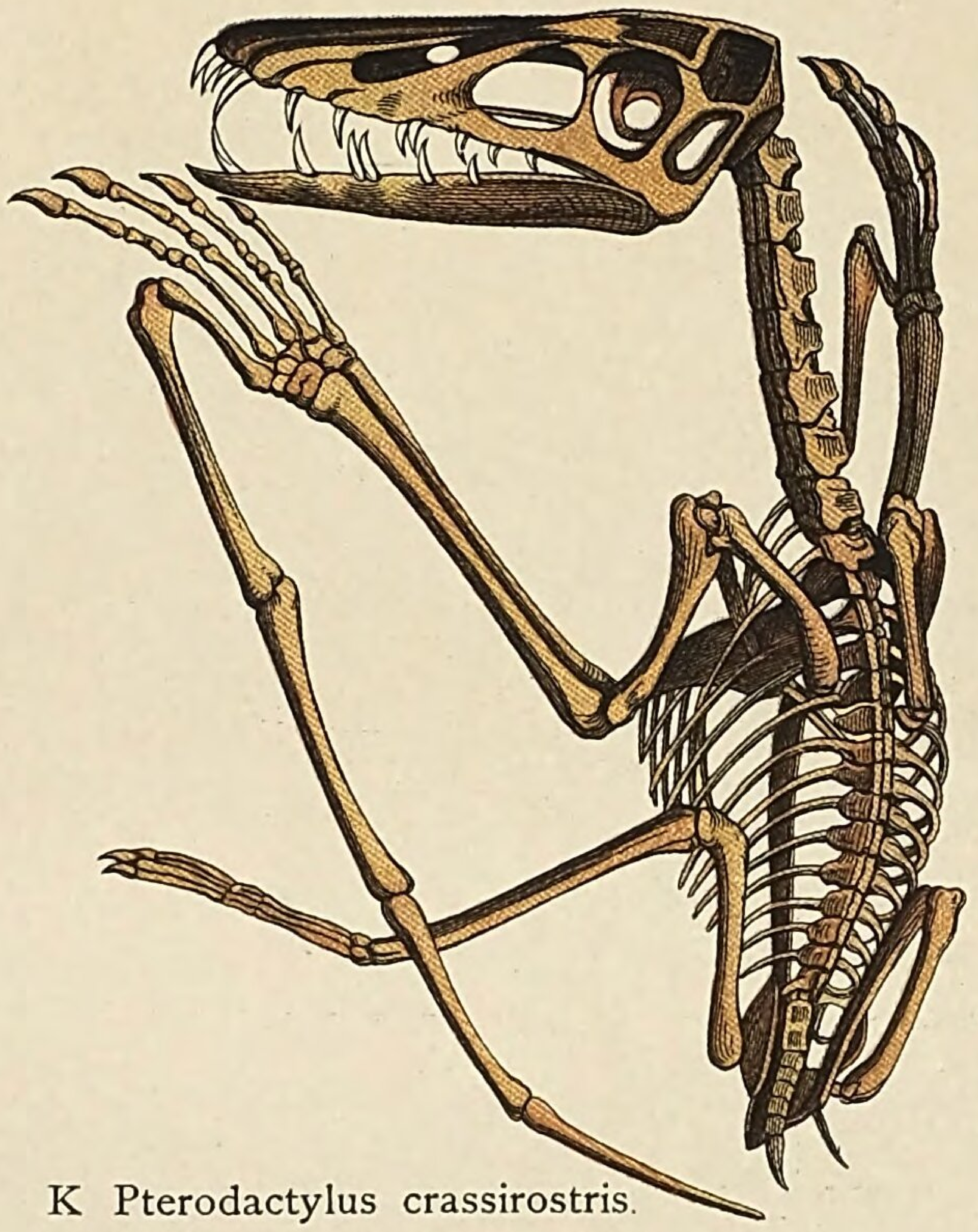


A. Profil von Hirschberg bis zum Tegernsee.

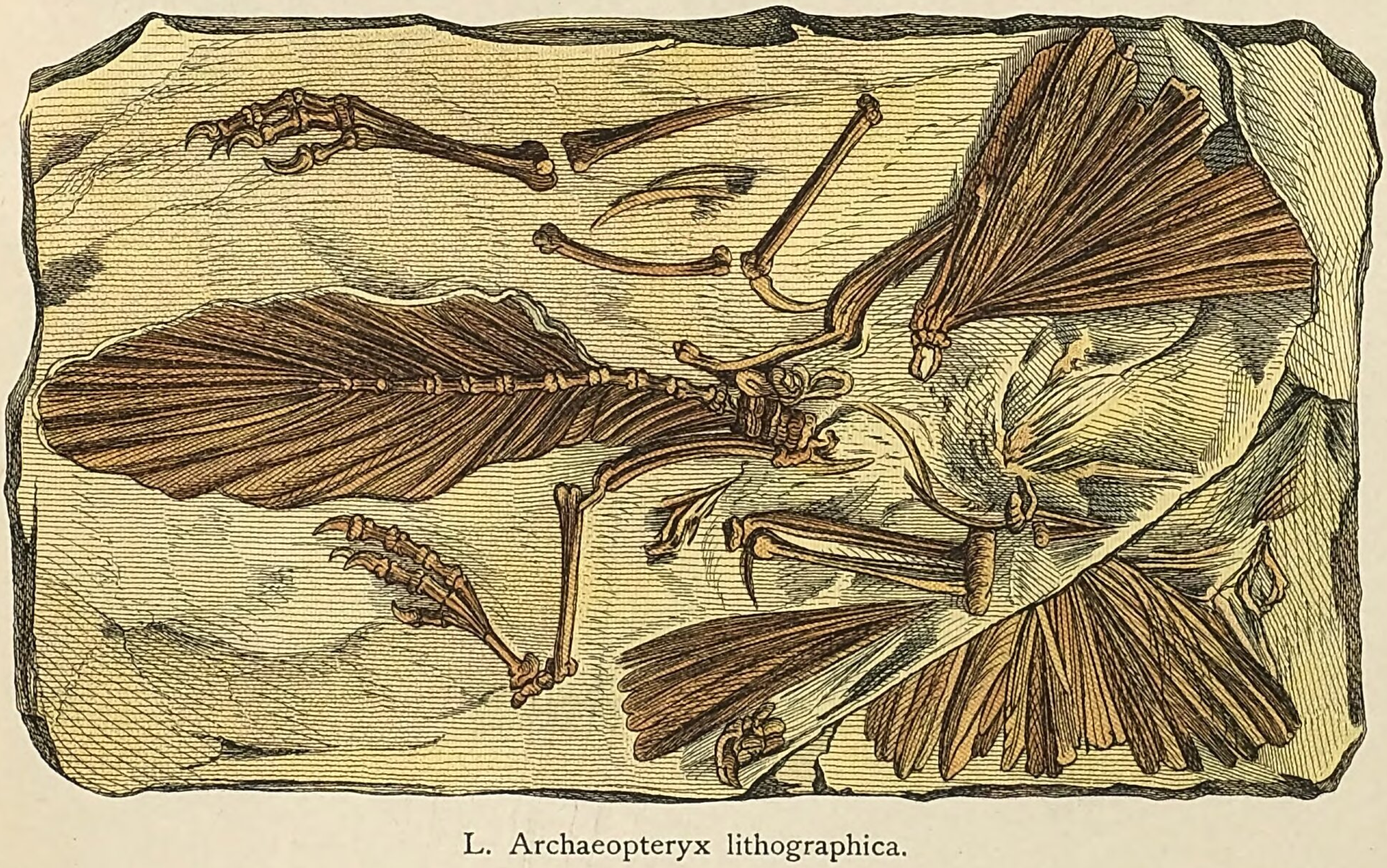
1. Muschelkalk. 2. Plattenkalk desselben. 3. Lettenkohlenschichten. 4. Unterer Alpenkeuper. 5. Hauptdolomit. 6. Oberer Alpenkeuper. 7. Oberer Muschelkeuper. 8. Unterer und mittlerer Lias. 9. Oberer Lias. 10. Obere jurassische Schichten.



I. Compsognathus longipes.



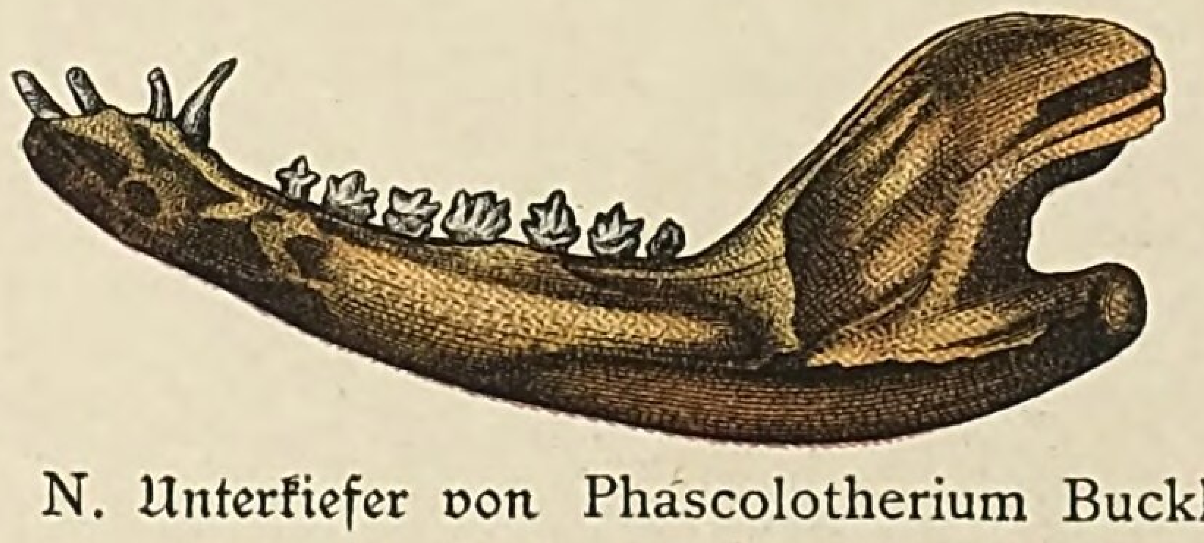
K Pterodactylus crassirostris.



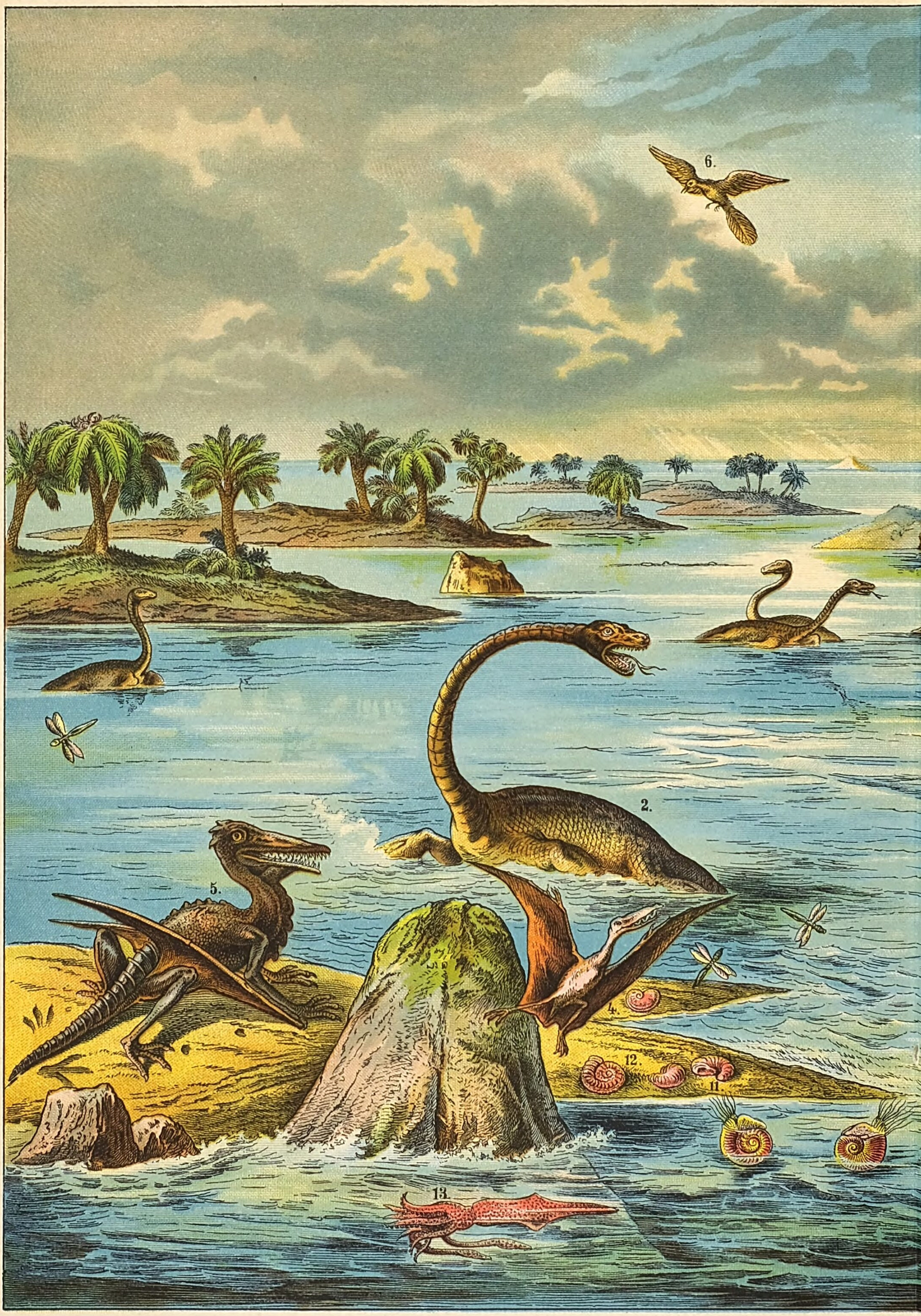
L. Archaeopteryx lithographica.



M. Unterkiefer von Amphitherium Prevosti.



N. Unterkiefer von Phascolotherium Bucklandi.



Ideales Landschaftsbild der

1. Ichthyosaurus. 2. Plesiosaurus. 3. Teleosaurus. 4. Pterodactylus. 5. Rhamphorynchus.

11. Gryphaea arcuata. 12. Ammoniten. 13. Belemniten.



Juraperiode in Europa.

6. Archaeopterix. 7. Lepidotus. 8. Cidarites coronatus. 9. Diceras arietina. 10 Pentacrinus. 14. Pandanus. 15. Zamites. 16. Pterophyllum. 17. Araucaria.

Taf. IX. **Fig. O.** Aspidorhynchus ist eine lange und schmale Ganoidenform, deren Kiefern spitz zulaufen. Der Oberkiefer ragt spießförmig über den Unterkiefer vor und die Kieferränder sind mit langen spitzen Zähnen besetzt. Die Flossen sind klein, die Schwanzflosse halbmondförmig und gleichlappig. Ein paar Arten von Aspidorhynchus finden sich zu Solnhofen in Franken.

Taf. IX. **Fig. R.** Lepidotus giganteus ist eine im lithographischen Kalkschiefer von Solnhofen vorkommende große Art einer Ganoidengattung, die wir oben beim Lias, Seite 31 schon erörterten. Die Gestalt des Tieres läßt sich nach reichlich vorliegenden Resten ziemlich sicher wieder ergänzen. Es war ein stark gepanzerter Eckschupper von karpfenartiger Körpergestalt mit großen rhombischen Schmelzschuppen. Er erreichte zwei Meter Länge.

Taf. IX. **Fig. P.** Pycnodus rhombus. Nicht ohne Zweifel zählen wir ihn noch zu den jurasischen Fischen. Es ist ein kleiner hoher und kurzer Fisch aus der Ordnung der Eckschupper, Ganoides rhombiferi. Die Augen liegen hoch. Die Rückenflosse und die Afterflosse umsäumen zusammen die hintere Körperhälfte. Die Schwanzflosse ist gleichlappig oder homocerk und fächerförmig. Dieses Fischchen findet sich häufig in einem bituminösen Kalkschiefer zu Tore d'Orlando bei Neapel, welchen man für jurasisch hält. Dieselbe und andere Pycnodus-Arten besitzen rhombische Schuppen, vorn mit einer starken grätenartigen Leiste. Die Leisten einer Schuppenreihe treten zusammen und bilden eine scheinbare Gräte, so daß das Schuppenkleid überhaupt ein eigenes Außenskelett darstellt. Man hat diese Eigentümlichkeit der Pycnodus-Arten früher lange verkannt.

Von den Reptilien des oberen Jura heben wir zuerst die Dinosaurier (oder Schreckenssaurier) hervor die wir bereits im Keuper, Gattung Zanclodon (Seite 30) wie auch bei den sogen. Vogelfährten berührten. Sie haben in ihrem Skelettbau manches mit Vögeln, namentlich Straußen gemeinsam, und es scheint, daß die Vögel in der That von gewissen Dinosauriern abstammen. Diese letzteren gingen zum Teil aufrecht auf den Hinterfüßen. Alle waren Landbewohner. Ihre Wirbelsäule zeichnet sich gewöhnlich durch mehrere innig verwachsene Kreuzbeinwirbel aus — die Gattung Iguanodon, aus der Wealdenstufe, hat deren 4, 5 oder 6.

Von oberjurasischen Dinosauriern erwähnen wir zunächst Atlantosaurus immanis, 26 Meter (80 Fuß) Länge aus der Jurabildung der Rocky Mountains (Colorado und Wyoming). Dies ist das riesigste aller bis jetzt, sei es lebend, sei es fossil nachgewiesenen Landtiere.

Fig. J. Compsognathus longipes, stammt aus dem Kalkschiefer des oberen Jura von Solnhofen in Franken und erreichte etwa die Größe einer Katze. Die Compsognathen waren hüpfende fleischfressende Dinosaurier, deren lange Hinterbeine beim Sprunge, ähnlich wie bei den Känguruhs von Australien, durch einen kräftig gebauten Schwanz unterstützt wurden. Die Vorderbeine waren kurze Arme, die wohl nur selten den Boden berührten. Der Schädel war klein, die Kiefern mit zahlreichen langen spitzen Zähnen besetzt. Die vorderen und die hinteren Füße trugen drei ausgebildete Finger.

Die Pterosaurier oder Flugsaurier sind eine eigene sehr eigentümlich gestaltete Ordnung der Reptilienklasse, waren Flugtiere und bevölkerten Festland und Luft während der Zeit vom unteren Lias bis zur oberen Kreide. Ihre Hauptfundstätte ist der Solnhofner Kalkschiefer in Franken. Diese Ordnung ist durch die umfangreiche Gattung Pterodactylus vertreten, die man aber in neuerer Zeit in mehrere engere Gattungen abgeteilt hat.

Die Flugvorrichtung der Pterosaurier weicht sowohl von der der Vögel als auch von der der Fledermäuse (Chiropteren) ab und beruht vorzugsweise darauf, daß bei ihnen der äußerste (sogen. kleine) Finger ungewöhnlich stark entwickelt und fast zur ganzen Länge des Körpers gestreckt ist. Er war der Hauptträger der Flughaut, die von da sich bis zum Grund der Hinterbeine erstreckte.

Der Kopf war groß mit gestreckten Kiefern und großen Augenhöhlen. Das Auge war durch einen Ring von verknöcherten Horntäfelchen (einen Scleroticalring) geschützt. Die Kiefern trugen viele mehr oder minder lange und spitze Zähne.

Die Pterosaurier zeigen sehr verschiedene Größe. Die kleinsten waren von der Größe eines Sperlings, andere wurden weit größer. In der oberen Kreide von Kansas (Nordamerika) fanden sich Arten mit einer Spannweite von 7,5 Meter.

Fig. K. Pterodactylus crassirostris ist eine der kleinen Arten von Solnhofen und hat ein vollständig bezahntes Gebiß mit spitzen Fangzähnen. Das ganze Tier war nur an 30 Ctm. lang.

Die **Vögel** erscheinen in der geologischen Schichtenfolge zum ersten Male im Solnhofener Schiefer des oberen Jura, aus welchem man bis jetzt zwei ziemlich wohl erhaltene Skelette kennen gelernt hat. Es ist bereits ein ausgebildeter Vogel, aber er trägt noch eine Anzahl von Charakteren, die seine Abkunft von Reptilien — im besondern von Dinosauriern — glaublich machen.

Fig. L. Archaeopteryx lithographica fand sich zuerst im Jahr 1861 zu Solnhofen, dann im Jahr 1878 ebenda in einem zweiten Exemplare.

Es war ein Flugvogel von mäßiger Größe und eigentümlicher Befiederung. Der Schädel war klein und dem der Vögel ähnlich. Er trug aber ähnlich dem der Pterosaurier eingekeilte Zähne.

Die Wirbelsäule verlängerte sich in einen langen geraden vielgliedrigen Eidechsenschwanz, der mehr als die Länge des ganzen übrigen Körpers erreichte. Man zählt 20 Schwanzwirbel. Auf jeden kam ein Paar langer gerader Steuerfedern in zweizeiliger Anordnung, zusammen 40, eine Schwanzbildung wie sie kein lebender Vogel mehr besitzt. Dazu kommt, daß die Rückenwirbel noch biconcav waren (sogen. Fischwirbel), was auch bei lebenden Vögeln nicht mehr vorkommt.

Der Archaeopteryx überhaupt steht nach diesen und anderen Charakteren den älteren (eigentlich den vorjurasischen) Reptilien, namentlich der Dinosaurier-Ordnung — näher als irgend ein lebender Vogel. Er war übrigens schon ein ausgebildeter Vogel, namentlich hatte er die Füße der Klettervögel. Zwischen Dinosauriern und dem Archaeopteryx müssen wir noch eine Menge von ehemals vorhanden gewesenen Mittelgliedern annehmen, aber sie sind für uns verloren.

Tafel XI.

Das ideale Landschaftsbild der Jurazeit in Europa stellt uns eine Reihe von Inseln mit einer Bewaldung von palmenähnlichen Pandanus-Bäumen dar.

Im nahen Meere tummelt sich **Fig. 1.** ein gewaltiger Ichthyosaurus, und läßt uns das furchtbare Gebiß und den Hornhautring des großen Auges erkennen. Neben ihm schwimmt ein kurzer hoher Fisch aus der Ordnung der eckschuppigen Ganoiden. Wir erkennen in ihm die Art der Gattung

Fig. 7. Lepidotus.

Ganz vorn bemerken wir im Meere eine Auswahl von Sternkorallen und anderen Meerestieren, sowie auch einige Meerestange.

Fig. 2 zeigt uns einen schwanenhalsigen Plesiosaurus.

Vorn auf der Insel rechts treibt sich ein langschnauziges und langgeschwänztes Gavial umher

Fig. 3. der Teleosaurus oder Mystriosaurus.

Fig. 4. Ueber einer Felseninsel im Vordergrund sehen wir einen Pterodactylus flattern. Links vor ihm sitzt auf dem Felsen mit eingezogener Flughaut ein an-

derer dem vorigen nahe verwandter Flugsaurier, der Rhamphorhynchus **Fig. 5.** und schleppt seinen langen dicken Schweif nach sich.

Hoch oben in der Luft schwebt

Fig. 6. Archaeopteryx, der fiederschwänzige Vogel.

Im Vordergrund rechts erblicken wir die mannigfaltigen Formen der Sternkorallen, Schnecken, Muscheln, Seeigel u. s. w.

Fig. 8. Cidarites coronatus.
Fig. 9. Diceras arietina.
Fig. 10. Pentacrinus.
Fig. 11. Gryphaea arcuata.
Fig. 12. Ammonites.
Fig. 13. Belemnites.

Auf der grünenden Insel erhebt sich ein Wäldchen von Pandaneen, von Cycadeen der Gattung

Fig. 14. Pandanus.
Fig. 15. Zamites, der kurzstämmigen Gattung.
Fig. 16. Pterophyllum und von Coniferen der Gattung
Fig. 17. Araucaria.

Die Kreide-Epoche.

Wie wir schon oben Seite 19 angaben, erscheint an der Grenze der Juraformation und der Kreideformation im südöstlichen England und in einem Teile des nordwestlichen Deutschland eine mächtige Süßwasser-Ablagerung, die sogenannte Wealdenstufe, eingeschaltet. Neuere Geologen ziehen ihre untere Abteilung zum oberen Jura. Es bleibt dann noch eine obere Abteilung, die man als örtlichen Stellvertreter der unteren Kreide (Etage Néocomien) betrachtet.

In der unteren Region dieser Süßwasserformation finden sich in England, besonders zu Tilgate Forest in Sussex, besonders zahlreiche Reste von meist sehr großen Dinosauriern, sowohl Pflanzenfressern wie auch Fleischfressern, die besonders Bewohner sumpfiger und bewaldeter Flußniederungen gewesen zu sein scheinen.

Von ihnen heben wir den Iguanodon hervor, einen durch große Arten vertretenen Dinosaurier von plumpem Körperbau, dessen starke schneidige und im Verlaufe der Abkauung noch scharfkantig bleibende Mahlzähne den Pflanzenfresser andeuten. Aehnlich ist die Zahnbildung des Leguans, Iguana, einer lebenden meist pflanzenfressenden Eidechse von Südamerika. Der hintere Fuß hatte drei Zehen, außerdem noch eine verkümmerte erste Zehe. Das Tier war imstande sich längere Zeit, wie das sehr starke Kreuzbein andeutet, aufrecht auf den Hinterfüßen zu erhalten. Man hat auch dreizehige Fußfährten desselben nachgewiesen. Im Jahr 1878 fand man in Belgien mehrere ganze Skelette. Das Tier erreichte darnach eine Länge von 9½ Meter. Die Vorderbeine waren viel kürzer als die Hinterbeine. Taf. X. **Fig. G.** stellt einen der spaltenförmigen Zähne von Iguanodon dar.

Wir betrachten nunmehr die übrige Flora und Fauna der Kreideepoche auf dem Festland und im Meere.

Die Pflanzenwelt der Kreidezeit spielt unter den heutigen Funden im allgemeinen eine unansehnliche Rolle. Auf dem Festland wiegen, ähnlich wie während der Jurazeit, die Gefäß-Kryptogamen, die Cycadeen und die Coniferen vor. Dazu kommen auch die ersten unzweifelhaften Vertreter der Palmen.

Tafel XII.

Wir bilden eine Conifere aus der Kreideformation ab. Es ist **Fig. D.**, Araucaria Toucasi, ein beblätterter Zweig mit lanzettförmigen Blättern aus der mittleren Kreide von Toulon.

Was aber am meisten ins Gewicht fällt, ist das erste Auftauchen von zahlreichen Gattungen einer Waldflora von Dicotyledonen, also der ältesten bekannten Laubhölzer. Darunter befinden sich Magnolien, Pappeln, Weiden, Erlen u. s. w. Man hat Grund zur Annahme, daß diese Ausbreitung der Dicotyledonen während der Kreidezeit von der Nordpolar-Region ausging und der wachsenden klimatischen Abkühlung des Erdballs Folge leistete. Man kann sich denken, daß dabei die Nordpolargewächse mehr oder weniger ihrem Meridian folgend, in Asien, Europa und Nordamerika nach Süden vordrangen.

Auch die Tierbevölkerung des Festlandes und des süßen Wassers während der Ablagerung der Kreideformation ist nur spärlich bekannt. So kennt man von der Säugetierfauna dieser Epoche bis jetzt noch keine Spur, obschon Säugetierreste sowohl oberhalb als unterhalb von ihr gefunden worden sind.

Um so reichlicher vertreten ist die Tierwelt des Meeres der Kreideformation. Sie schließt sich im allgemeinen zunächst derjenigen der Juraformation an, doch ist der Fortschritt in der Umgestaltung der Lebensformen vielfach zu erkennen. So z. B. in der Klasse der Fische das Zunehmen der Knochenfische oder Teleostier und das gleichzeitige Zurücktreten der Ganoiden oder Schmelzfische.

Wir bilden mehrere Meeresbewohner der Kreideformation ab.

Foraminiferen oder kalkschalige Rhizopoden (Wurzelfüßer) treten mit zahlreichen, meist sehr kleinen (oft mikroskopischen) Arten auch schon in den älteren Formationen fossil auf, sind hier aber gewöhnlich nur dürftig erhalten und fallen nicht leicht in die Augen. Deutlicher treten sie in den Vordergrund mit der weißen Kreide oder Schreibkreide von England, Paris, Rügen u. s. w. Sie nehmen wesentlichen Anteil am Aufbau dieses Lagers, meist in mikroskopisch kleinen Arten und finden sich ähnlicherweise in unermeßlicher Menge im weißen oder grauen Kalkschlamm aller tieferen Meere der jetzigen Zeit abgelagert. Eine kleine Menge geschabter Kreide gibt unter dem Mikroskope gewöhnlich ein überraschendes Bild von der Menge und Mannigfaltigkeit der darin enthaltenen Foraminiferen-Reste.

Fig. E. stellt eine solche Anhäufung mikroskopisch kleiner Gehäuse dar. Sie bestehen aus einer Anzahl von Kammern oder Wohnzellen und diese sind teils einfach, teils aneinander gereiht, oft in symmetrischer oder in schneckenförmiger Spirale.

Fig. F. zeigt noch einige andere Foraminiferen der Kreide für sich und ebenfalls vergrößert.

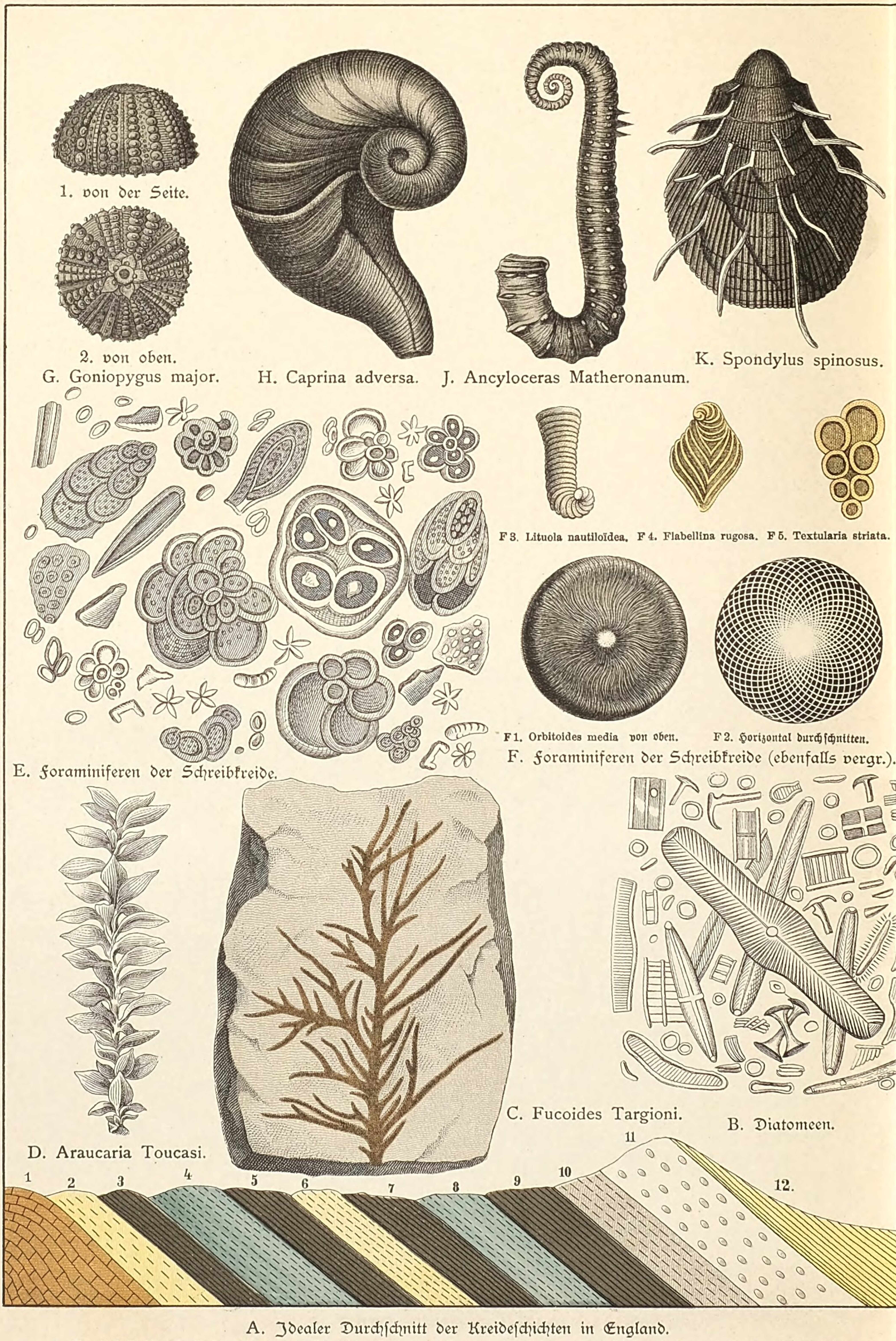
Fig. F 1. Orbitoides media.
Fig. „ 2. Horizontal-Durchschnitt.
Fig. „ 3. Lituola nautiloïdea.
Fig. „ 4. Flabellina rugosa.
Fig. „ 5. Textularia striata im Längsdurchschnitt.

Fig. G. Goniopygus major (in der Seitenansicht von oben gesehen) ist ein kleiner, etwas niedergedrückter — regulärer oder beinahe symmetrischer Seeigel mit 2 mal 5 Reihen großer undurchbohrter Warzen (auf den 5 sogen. Interambularial-Feldern). Diese Art gehört der Mittelregion der Kreideformation an.

Wir heben zwei Acephalen oder Zweischaler der Kreideformation hervor.

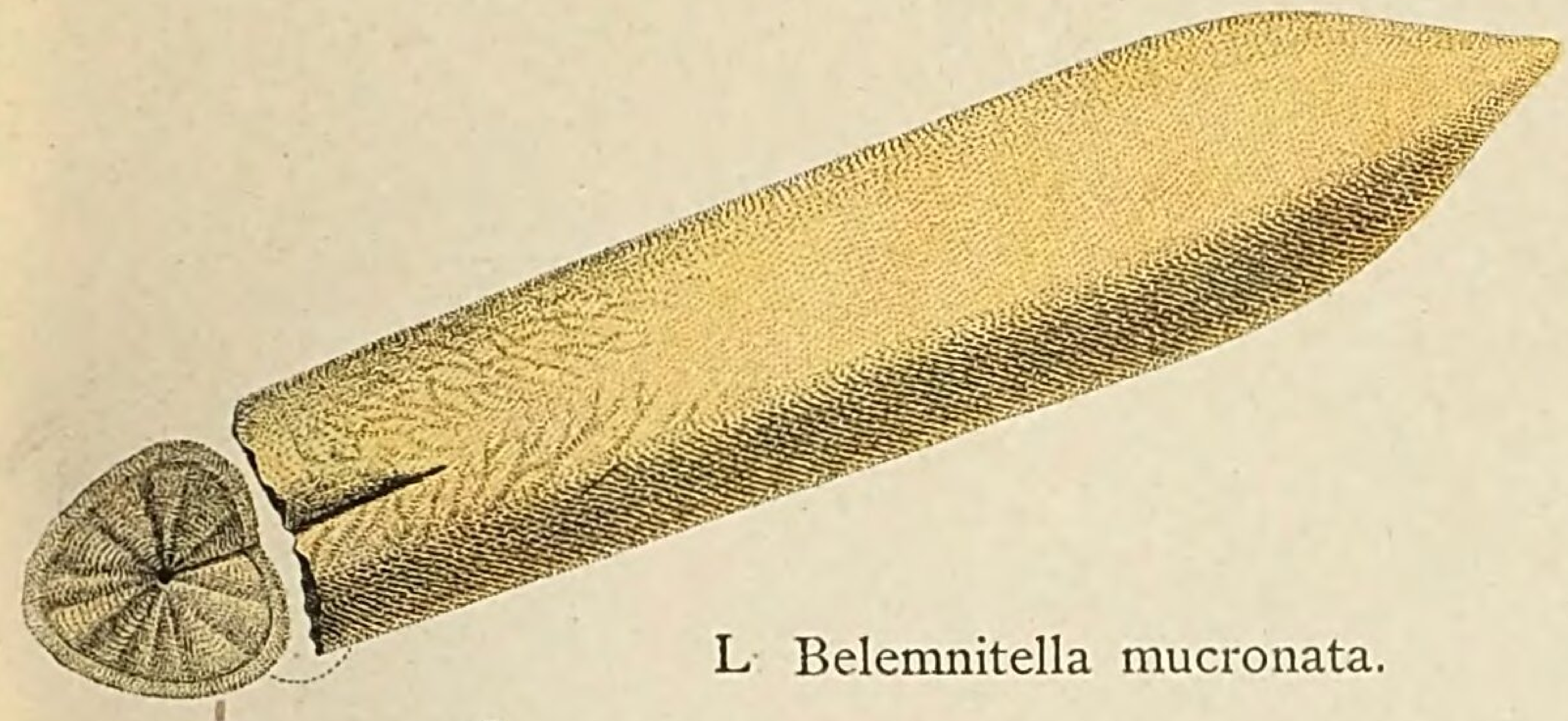
Fig. K. Spondylus spinosus ist eine bezeichnende Art in der oberen Region der Kreideformation. Die Schale ist radial gestreift und dabei konzentrisch geblättert. Die eine der beiden Klappen (die untere) trägt lange starre Stacheln auf den Rippen.

Fig. H. Caprina adversa, aus der mittleren Region der Kreideformation von Frankreich ist eine dickschalige und ungleichklappige Acephalenart, welche eine mittlere Stellung zwischen der Familie der Chamiden und den

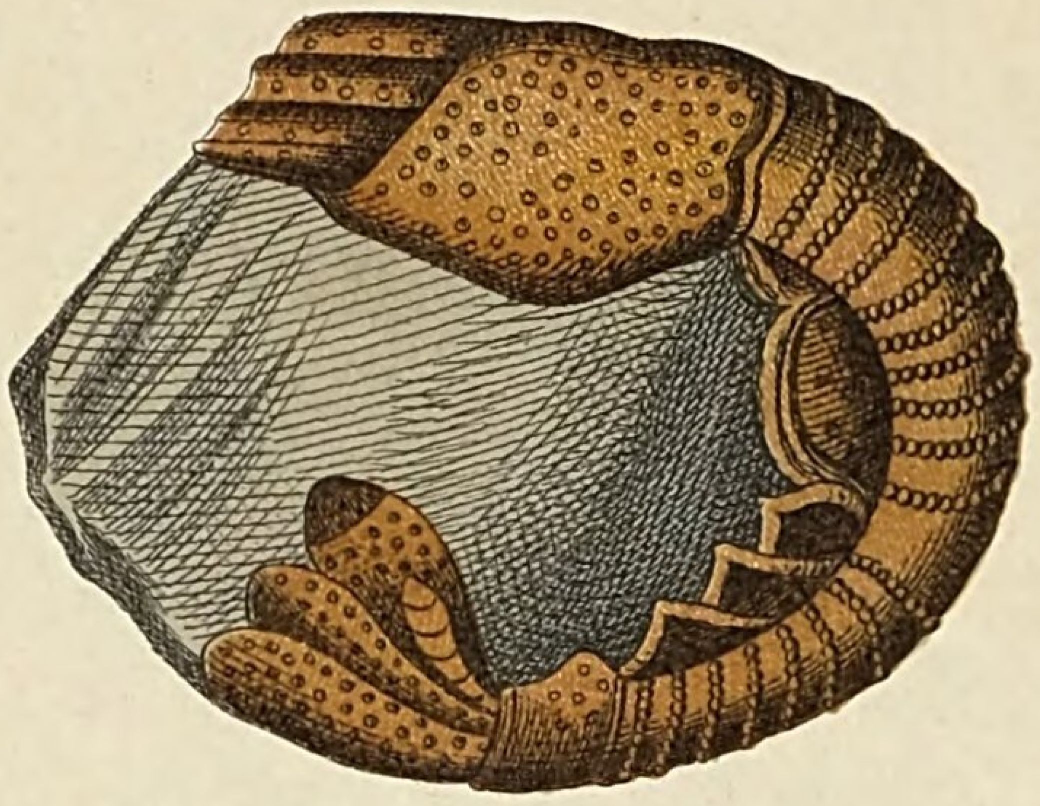


A. Idealer Durchschnitt der Kreideschichten in England.

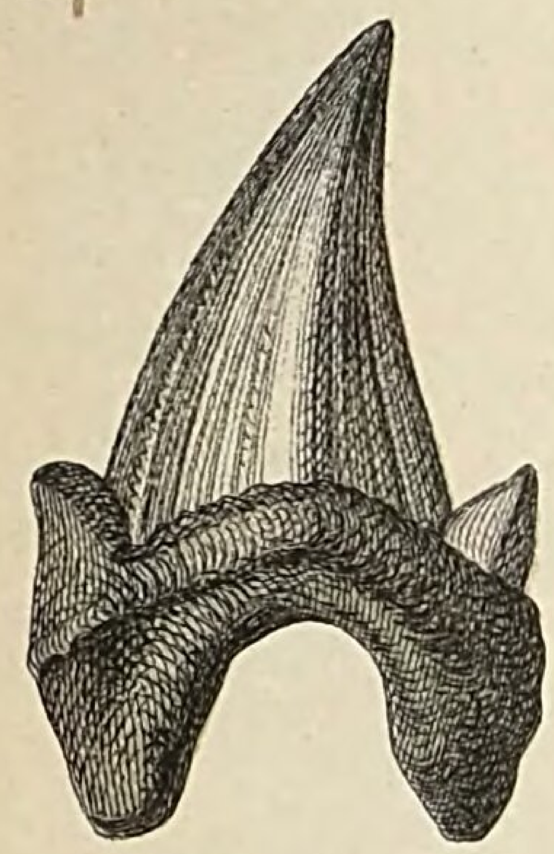
1. Purbeck-Kalk. 2. Hastingssand. 3. Wealdenthon 1—3 Jura). 4. Unterer Grünsand. 5. Speetenthon. 6. Schanklinsand. 7. Gault. 8. Oberer Grünsand. 9. Kreidemergel. 10. Graue Kreide. 11. Weiße Kreide mit Feuersteinknollen. 12. Tertiärformation.



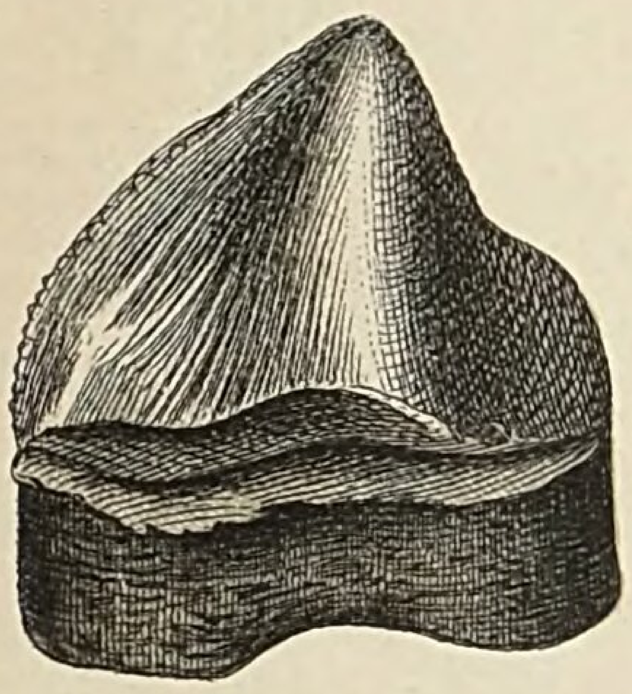
L. Belemnitella mucronata.



M. Glyphea ornata.



1. Zahn von Otodus appendiculatus.

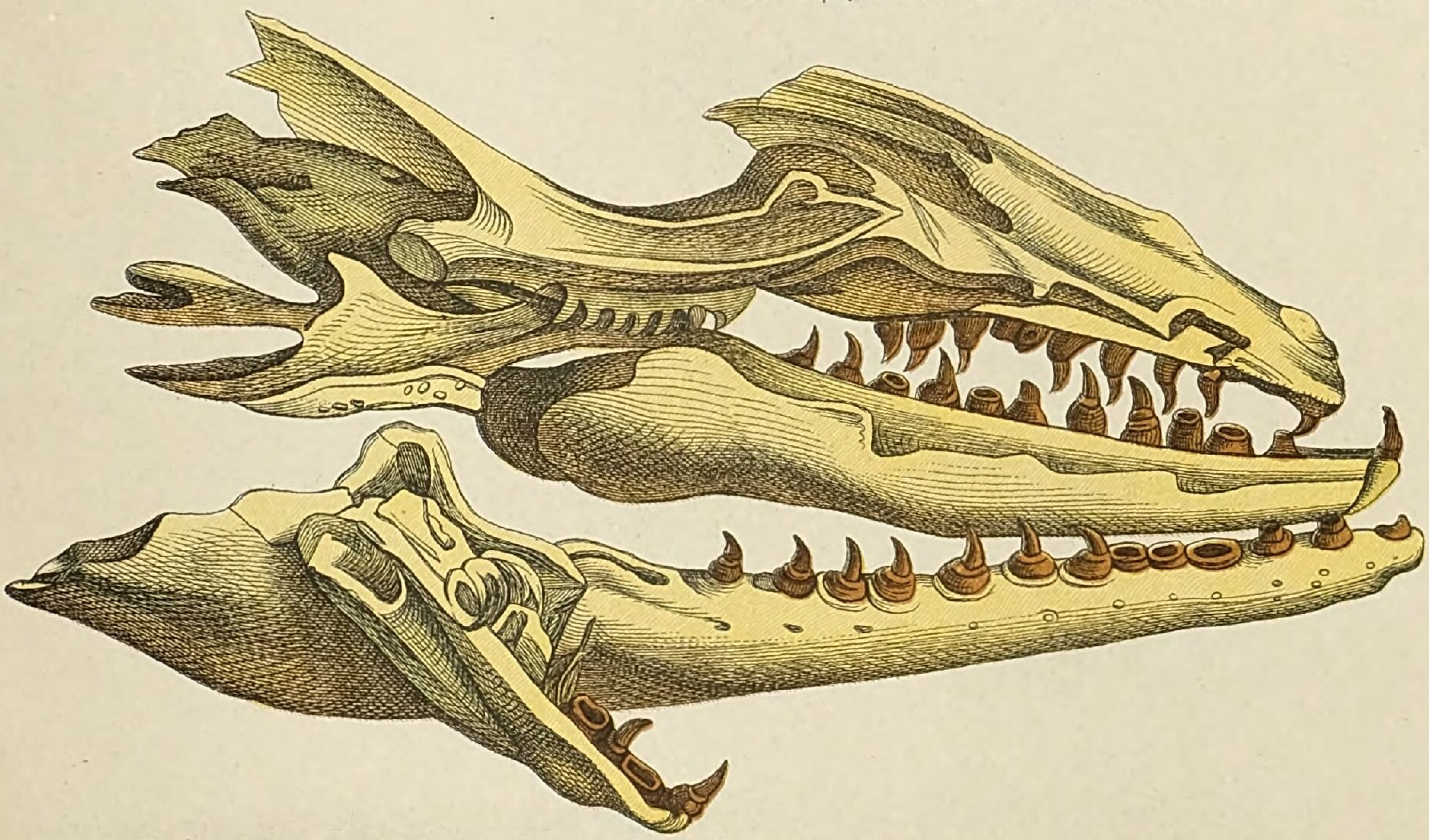


2. Zahn von Corax pristodontus.

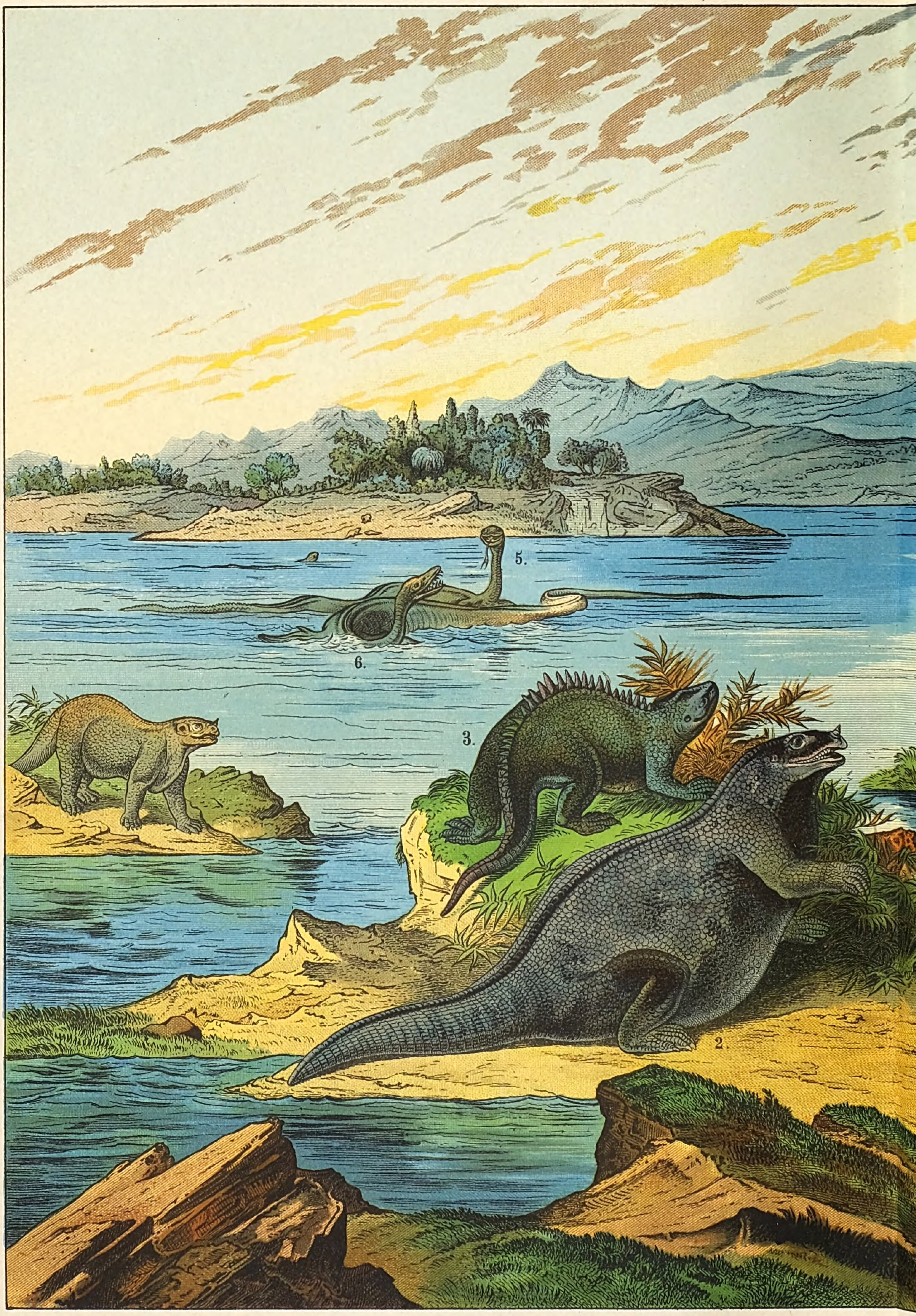
N. Haifischzähne.



O. Rückenschild von Chelonia Benstedi.



P. Schädel des Mosasaurus Hofmanni.



Ideales Landschaftsbild der

1. Megalosaurus. 2. Iguanodon. 3. Hylaeosaurus. 4. Laelaps aqui



der Kreidezeit Europas.

aquilunguis. 5. Mososaurus Hoffmanni. 6. Elasmosaurus platyurus.

lange rätselhaft gewesenen, in sehr ungewöhnlichen Gestalten auftretenden Rudisten, die nur in eben dieser Formation vorkommen, einnimmt. Die eine von beiden Klappen ist kleiner, kugelig und am Meeresgrunde festgewachsen, die andere Klappe ist größer, spiral eingerollt und mit einem hohen Schloßzahn versehen, der in eine Grube der kleineren kugeligen unteren Klappe paßt. Der Deckel konnte vom Tiere darnach emporgehoben und wieder angezogen werden.

Daran schließen sich die Hippuriten und andere Rudisten, die von der gewöhnlichen Gestalt der Muscheln so weit abgehen, daß man sie eine Zeitlang für Korallen nahm, später den Brachiopoden zuzählte. Es sind aber Verwandte der lebend noch vertretenen Acephalengattung Chama.

Bei den Hippuriten und übrigen Rudisten war die eine ziemliche Größe (60 Ctm. und darüber) erreichende Unterklappe schlankkegelig oder sanft hornförmig gebogen, die Oberklappe aber ein flachkegeliger Deckel. Erstere war am Unterteil festgewachsen. Diese Rudisten finden sich nur in der Kreideformation, besonders in Frankreich und im Alpengebiete, z. B. am Untersberg und in der Gosau. Ihre Schalen bilden hier zuweilen ansehnliche Bänke. Spärlich vertreten sind sie auch in Sachsen und Böhmen.

Fig. J. Ancyloceras Matheronianum ist eine seltsam abweichende Ammonitengestalt aus der unteren Region der Kreideformation (Étage Néocomien) des südlichen Frankreich. Alle Umgänge liegen frei. Der Anfang des Gehäuses bildet eine freie Spirale von 2—3 Umgängen, dann streckt sich die Röhre gerade aus und schließlich tritt noch eine hakenförmige Umbiegung ein.

Die Belemniten sind in den Meeresablagerungen der unteren Abteilung der Kreideformation noch ziemlich zahlreich vertreten, verlieren sich dann aber allmählich.

In der Oberregion der Kreide erscheint zuletzt noch die von den echten Belemniten durch einen eigentümlichen Schlitz am Oberrande des Schnabels (oder des Rostrums) verschiedene Gattung Belemnitella.

Fig. L. stellt Belemnitella mucronata dar. Diese Art ist in der weißen Kreide noch verbreitet und reicht in die jüngsten Kreidelager herauf. Er ist der letzte bekannte Belemnit. Der Schnabel wird 9—10 Ctm. lang.

Von langschwänzigen Seekrebsen der Kreideformation bilden wir Glyphaea ornata ab, **Fig. M.**

Von Haifischzähnen der Kreideablagerungen bilden wir zwei Arten ab:

Fig. N 1. Otodus appendiculatus und

Fig. N 2. Corax pristodontus.

Fig. O. stellt den Rückenpanzer einer Seeschildkröte Chelonia Benstedi aus der Kreide von England in der Hälfte der natürlichen Größe dar.

Fig. P. Länger verweilen müssen wir beim Schädel einer sehr großen Meeres-Eidechse, des Mosasaurus Hoffmanni. Dieser im Jahre 1795 in der oberen Kreide des Petersbergs bei Mastricht gefundene Schädel hat eine Länge von etwa 1,25 Meter und zeigt einen mit zahlreichen, eigentümlich gestalteten, zurückgekrümmten Zähnen besetzten Rachen. Diese Zähne sitzen auf dickeren knochigen Sockeln, die an den Kiefern angewachsen sind. Die Körpergestalt war gestreckt und schlangenartig, die Gliedmaßen kurz und ruderförmig. Mosasaurus Hoffmanni erreichte eine Länge von etwas über 6,5 Meter. In Nordamerika erscheinen die Mosasauren durch eine größere Anzahl von Arten in der Kreideformation der Rocky Mountains vertreten. Sie erreichten hier an 18 Meter Länge.

Mit Abschluß der Kreideformation erloschen die Mosasauren, die Ichthyosauren, die Plesiosauren, die Dynosaurier, sowie die Pterodactylen und es endet damit die bisher noch augenfällig verbliebene Vorherrschaft der Reptilien im Meere wie auf dem Festlande.

Die Pterodactylen oder Pterosaurier zeigen in der Kreide vor ihrem Untergang zuletzt noch riesige Arten. Im Grünsand von Cambridge in England fanden sich Pterodaktylenreste, die auf eine Flugspannweite von etwa 6 Meter deuten. Pteranodon, ein zahnloser Pterodactyle der Kreide von Kansas in Nordamerika wurde noch größer und erreichte die Spannweite von 7,5 Meter.

Von Vögeln kennt man aus der Kreideformation bereits eine Reihe von Funden, darunter aus Kansas zwei Gattungen von Zahnvögeln, Hesperornis und Ichthyornis. Letztere Gattung hatte auch noch sogen. Fischwirbel.

Fig. B und C sind auf Seite 36 beschrieben.

Tafel XIII.

Unser ideales Landschaftsbild der Kreidezeit vereinigt eine Gruppe von gewaltigen Dinosauriern, deren Reste sich meistens in den Ablagerungen der Wealdenstufe von England erhalten haben. Im Vordergrund rechts bewegt sich schleichend

Fig. 1. ein riesenhafter fleischfressender Dinosaurier (Megalosaurus, Großsaurier) und läßt das mit zahlreichen Zähnen besetzte Gebiß erkennen. Links gewahren wir

Fig. 2. den pflanzenfressenden Dinosaurier Iguanodon, der mindestens eine Länge von 10 Meter erreichte. Seine Hintergliedmaßen sind länger als die vorderen. Unser Bild stellt ihn in kriechender Haltung dar, man nimmt aber neuerdings an, daß er aufrecht auf den Hinterbeinen einherschritt. Neben ihm sieht man

Fig. 3. den Hylaeosaurus, ebenfalls einen pflanzenfressenden Dinosaurier, dem man eine dornige Rückenkante zuschreibt. Jenseits von diesem Ungetüm schreitet ein langgeschwänzter Dinosaurier aufrecht auf den langen Hinterbeinen einher. Ein Nordamerikaner ist

Fig. 4. der Laelaps oder Dryptosaurus aus dem Grünsand von New-Jersey. Er nähert sich einem Pterodactylus, der erschreckt sich anschickt aufzufliegen. In einiger Entfernung in der See bemerken wir zwei schwimmende Reptilien in kampfbereiter Stimmung. Das eine derselben mag

Fig. 5. der Mosasaurus sein, das andere

Fig. 6. Elasmosaurus platyurus, ein Nebenbuhler desselben im räuberischen Gewerbe.

Als Vertreter des Waldwuchses in der Kreidezeit erblicken wir zur Rechten einen mächtigen pandanenartigen Monocotyledonenbaum und am Fuße desselben eine große laubige Farnenart. Dahinter sieht man drei schlanke Palmen aufsteigen. Diese Vegetation trägt noch einen tropischen Charakter, wie jene der Juraformation und der älteren Systeme.

Die tertiäre Epoche

folgt auf die letzten Ablagerungen der Kreideformation unter mancherlei Gegensätzen, die wir oben Seite 20 schon ausführlich erörterten. Von da an kommt das Festlandgebiet näher und näher mit der heutigen Gestaltung desselben überein. Die heutige Richtung und Ausbreitung der Gebirge tritt mehr und mehr hervor. Namentlich erlitten die Pyrenäen und die Alpen um die Mitte der Tertiärepoche beiläufig ihre heutige Gestaltung und bildeten von da an einen mächtigen Wall zwischen dem Norden und dem Süden von Europa, der von da an eine maßgebende klimatische Grenze darstellte und besonders auch seither der weiteren Verbreitung der Landpflanzen und Landtiere von Europa in nordsüdlicher Richtung ein gebieterisches Hindernis entgegenstellte.

Die polare Abkühlung des Erdballes, in der Kreidezeit schon genügend erweisbar, wird während der tertiären Zeit von Stufe zu Stufe mehr und mehr augenfällig und äußert sich namentlich in der Verschiebung der Pflanzen

und Tiere, die von der Nordpolar-Region in der Richtung nach dem Äquator vorrückten.

Die Polargegenden vereisten im Verlauf dieser Abkühlung, aber die Aequatorialregion scheint in demselben Zeitabschnitt ihre gleiche Temperatur fortbehauptet zu haben.

Im Meer und auf dem Festland bringen diese Veränderungen und Gegensätze mächtige Wirkungen auf die Flora und Fauna hervor Im großen äußern sie sich im Niedergang der Reptilienwelt, sowie in der immer wachsenden Zunahme der Dicotylebonen, der Knochenfische und der Säugetiere. Ueberhaupt nähert sich im Verlaufe der tertiären Zeiten alles auf Erden mehr und mehr dem heutigen Stande der Dinge und keine scharfe Grenze scheidet die tertiäre von der quartären und diese von der jüngsten Epoche.

Wir betrachten zunächst einige tertiäre Pflanzenarten, sowohl des Meeres als des Festlandes.

Tafel XII **Fig. B.** Die Diatomeen oder kieselpanzerigen Algen sind mikroskopisch kleine einzellige Pflanzen, welche einen äußeren starren Kieselpanzer ausscheiden und sowohl im Meere als auch auf dem Festlande, hier in Binnenseen, Sümpfen und auch wohl in fließendem Wasser leben. Ihr mannigfach gestalteter und gewöhnlich verzierter Kieselpanzer ist in ausgezeichneter Weise der fossilen Erhaltung fähig. Sie erscheinen daher einerseits im kalkigen Schlamm der Meerestiefen vertreten, andererseits setzen sich ihre festen Teile aus Sümpfen ab und bilden hier oft ansehnliche Lager. Endlich werden sie auch von Flüssen herabgeführt und dann von diesen vor ihren Mündungen wieder abgesetzt.

Die Diatomeen treten in den älteren und den mittleren Formationen nur spärlich oder gar nicht hervor. Ihre zarten Kieselpanzer sind im Verlaufe der chemischen Umsetzung, welche jede Felsart früher oder später erleidet, vielfach wieder aufgelöst worden und verschwunden. Erst um die mittlere Stufe der tertiären Epoche werden ihre Reste häufiger gefunden.

Unsere Abbildung zeigt ein Gewimmel von größeren und kleineren Arten in teils ganzen Exemplaren, teils unkenntlichen Bruchstücken. Die große Art in der Mitte der Gruppe ist eine Navicula. Der Panzer hat bei dieser Gattung die Gestalt eines Schiffchens (lateinisch navis, das Schiff). Im Leben bewegt sich die Alge in der Richtung ihrer Längsachse bald vor- bald rückwärts.

Tafel XII. **Fig. C.** Chondrites Targioni oder Fucoides Targioni ist eine meist zweizellig verzweigte Meeresalge aus dem Fucoidensandstein oder Flysch der Alpen und der Karpathen, wo sie ausgedehnte Schichten in Mengen überzieht.

Tafel XIV.

Fig. B. Delesserites Gazolanus aus dem untertertiären Plattenkalke vom Monte Bolca bei Verona ist eine laubige, die äußeren Formen von Laubholzblättern nachahmende Meeresalge. Sie gleicht einem unregelmäßig fiederlappigen Eichenblatt.

Fig. C. Unsere Abbildung stellt eine an Dicotyledonenblättern und zugleich an Insekten reiche Schieferplatte aus der kalkigen Süßwasser-Ablagerung von Oeningen am Bodensee dar. Am meisten in die Augen fällt das gefiederte Blatt **Fig. 2.** Es ist das Podogonium Knorri, eine Leguminose (Schotenpflanze) aus der Verwandtschaft der heutigen Cäsalpinien.

Fig. 1. ist die dazugehörige Frucht, eine einsamige Schote.

Fig. 3. ist ein Zweig von Cinnamomum Scheuchzeri und

Fig. 4. ein Blatt von Andromeda protogaea. Das große Blatt

Fig. 5. ist Sapindus falcifolius aus einer mit der Roßkastanie verwandten Gattung und

Fig. 6. ein Blatt von Salix lancifolia. Unter den auf derselben Platte erhaltenen Insekten bemerken wir namentlich die Larve von einer Libelle oder Wasserjungfer, Libellula, **Fig. 7.** und eine geflügelte Ameise **Fig. 8.**

Wir wenden uns zu den Foraminiferen oder Rhizopoden (oben Seite 34) der unteren tertiären Meeresablagerungen.

Fig. D. stellt eine Platte von Nummulitenkalk dar. Dieses Gestein berührten wir schon oben Seite 20.

Die Nummuliten sind ziemlich große linsenförmige oder scheibenförmige Rhizopodengehäuse mit mehr oder weniger zugeschärftem Rande und mit meist glatter, häufig auch mit erhöhten Wärzchen und zuweilen mit gebogenen Linien bedeckter Oberfläche.

Eine der verbreitetsten Arten ist Nummulina nummularia (N. complanata), die bei Vicenza in Italien, bei Cairo in Ägypten und anderer Orten vorkommt und ansehnliche Kalklager zusammensetzt.

Fig. E1. zeigt ihre Oberfläche.

Fig. E2. ist ein Median- oder Horizontalschnitt und zeigt die zahlreichen in einer Spirale einander folgenden Einzelkammern oder Wohnzellen der Tier-Individuen, die hier einst eine verwachsene Familie oder Kolonie darstellten.

Die Nummuliten hießen bei den älteren Geologen auch Münzensteine (nummus, Münze). Herodot kannte schon ihr reichliches Vorkommen in Aegypten und hielt sie für versteinerte Linsen.

Andere viel kleinere und etwas anders gebaute Foraminiferen aus tertiären Lagern sind

Fig. 5. Robulina echinata von Baden bei Wien und den Subappeninen in Italien.

Fig. 6. Rotalia Partschiana in der Vorderansicht und

Fig. 7. in der Seitenansicht, von Baden bei Wien und

Fig. 8. Amphistegina Haueri, von Nußdorf bei Wien.

Die letzteren drei Arten sind in mehrfacher Vergrößerung dargestellt.

Fig. F. Cerithium gigantheum ist eine sehr große Meeresschnecke aus den unteren Tertiärschichten von Grignon und andern Orten bei Paris. Sie wird gegen 0,5 Meter lang. Unsere Abbildung stellt sie verkleinert dar.

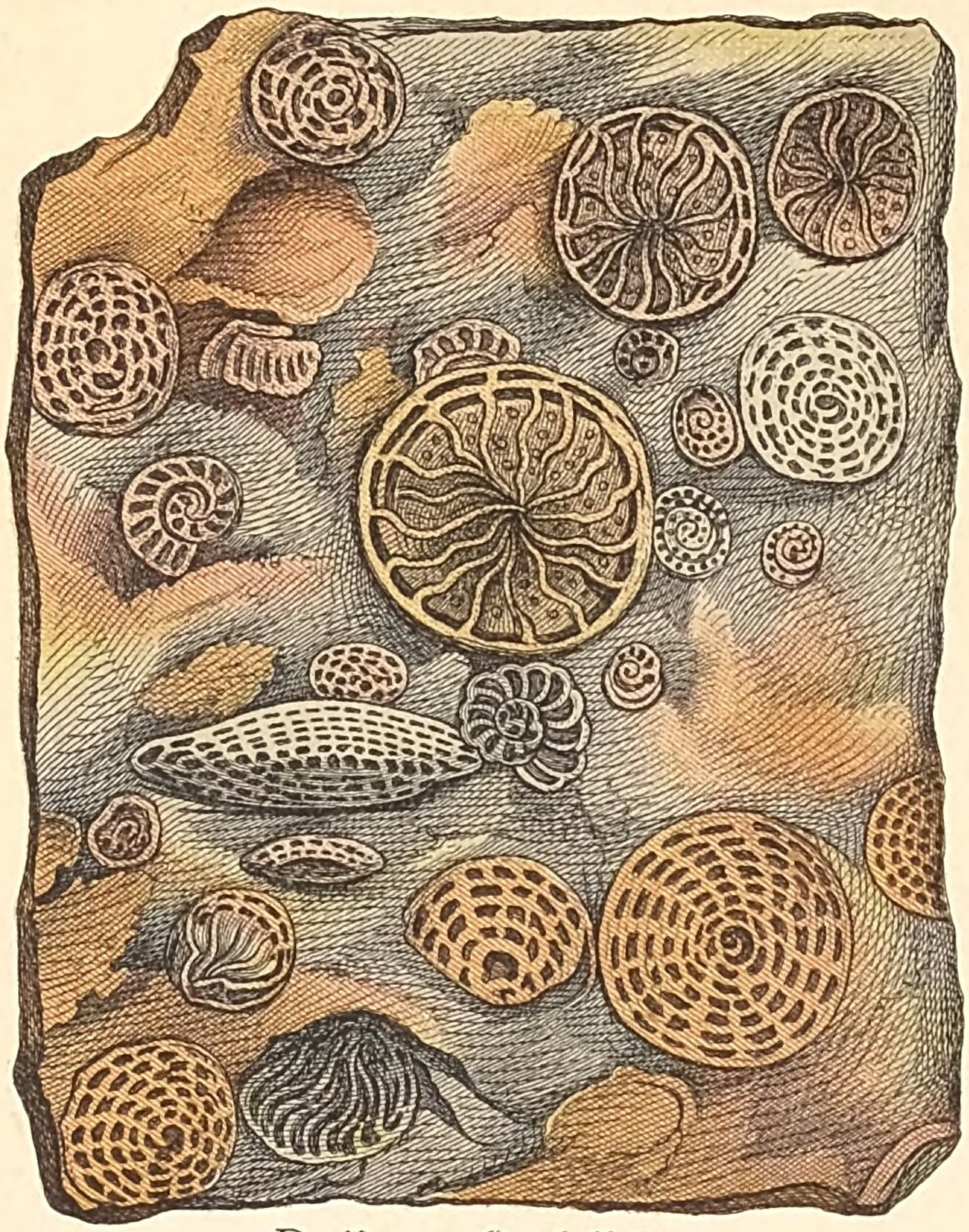
Wir wenden uns zu den tertiären Fischen. Unter ihnen bemerken wir nur noch wenige Ganoiden oder Schmelzfische. Dahin gehören die Pycnodus-Arten des untertärtiären Plattenkalks vom Monte Bolca bei Verona. Diese Gattung wurde schon bei den jurasischen Fossilien, oben Seite 33 erörtert.

Desto mehr treten hier die echten Knochenfische oder Teleostier in den Vordergrund. Wir bilden zwei Arten von ihnen ab.

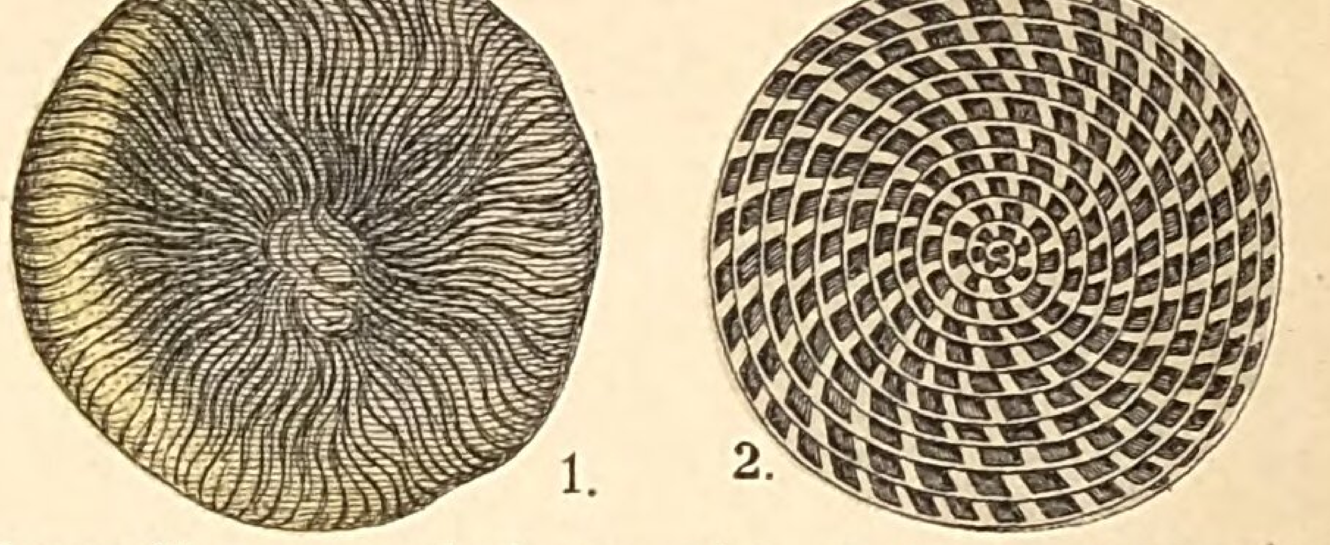
Fig. J. Lebias cephalotes ist ein kleiner Fisch aus der Familie der Cyprinodonten oder reichlich bezahnten Karpfen, welcher sich häufig in der tertiären Süßwasserbildung zu Aix in der Provence findet und oft kaum 3 Centimeter Länge erreicht.

Fig. H. Platax altissimus findet sich im untertertiären Plattenkalk des Monte Bolca und ist ein Meeresbewohner von kurzer hoher Gestalt mit außerordentlich starker Ausbildung der Rückenflosse. Verwandte Arten derselben Gattung leben noch im roten Meere und im indischen Meer.

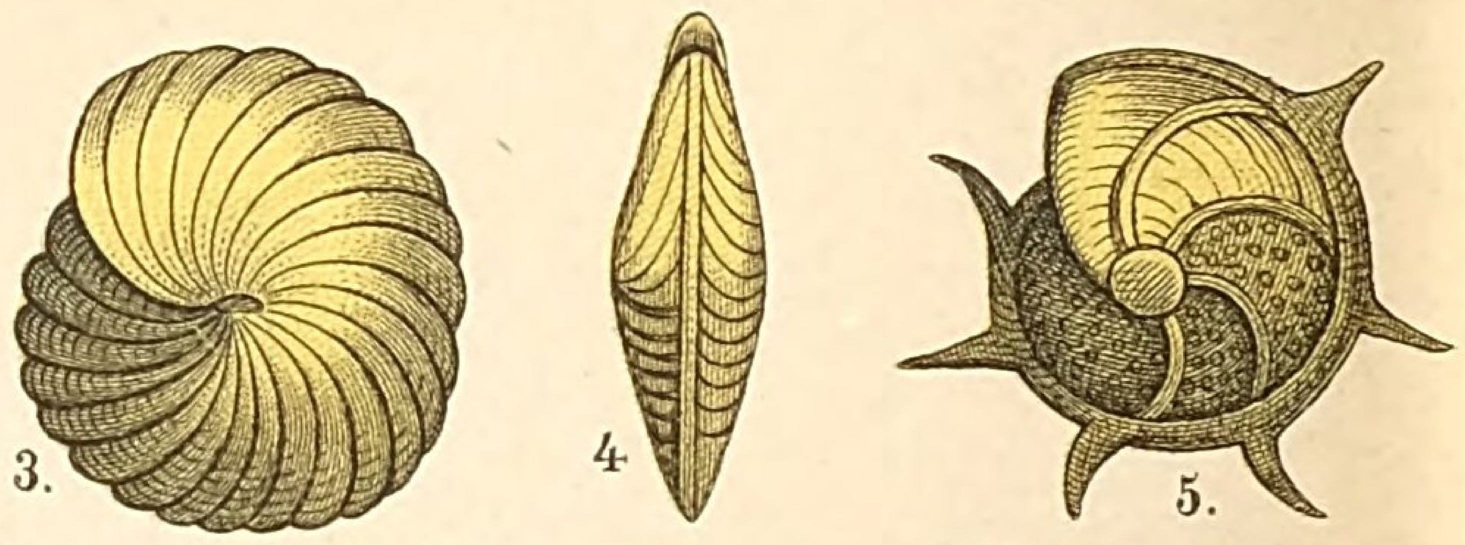
Unter den Resten von Amphibien aus tertiären Schichten ist seit Anfang des vorigen Jahrhunderts am meisten das Skelett des Andrias Scheuchzeri oder Cryptobranchus primigenius, welches etwa über einen Meter Länge, bis zu 126 Ctm. erreicht, in die Augen gefallen. Er stammt aus dem mitteltertiären Kalkschiefer von Oeningen



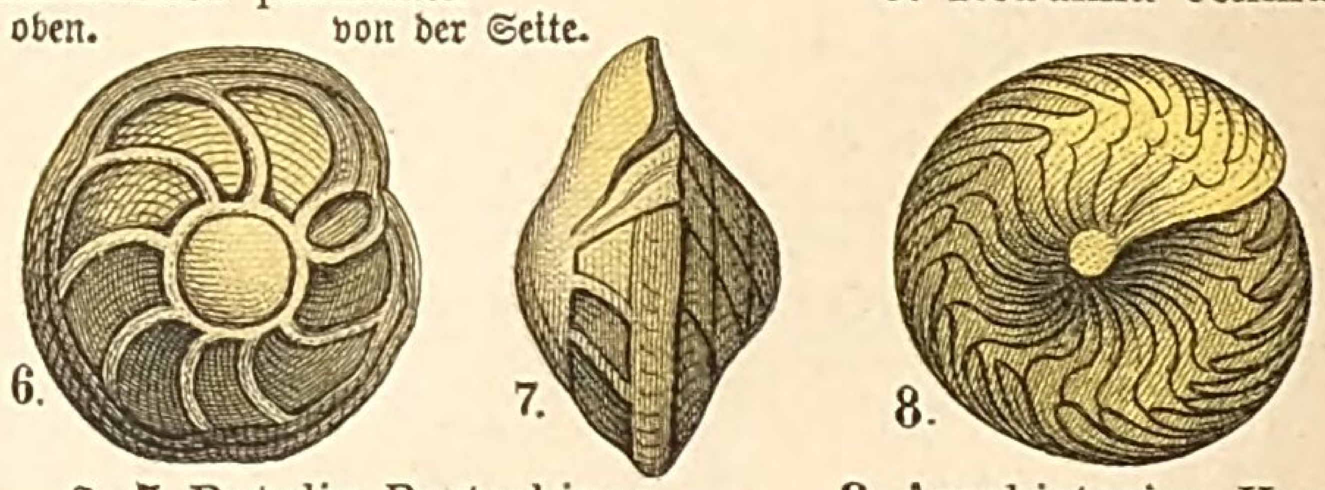
D. Nummulitenkalkplatte.



1. Nummulites nummularia von oben. 2. Horizontal durchschnitte



Nummulites planulata von oben. von der Seite. 5. Robulina echinata.



6. 7. Rotalia Partschiana. 8. Amphistegina Haueri.

E. Nummuliten und Verwandte.

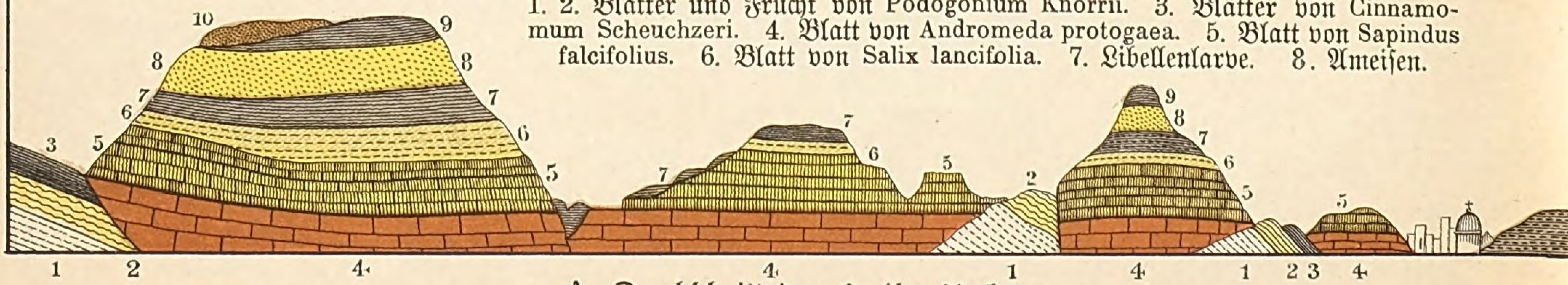


B. Delesserites Gozolanus.



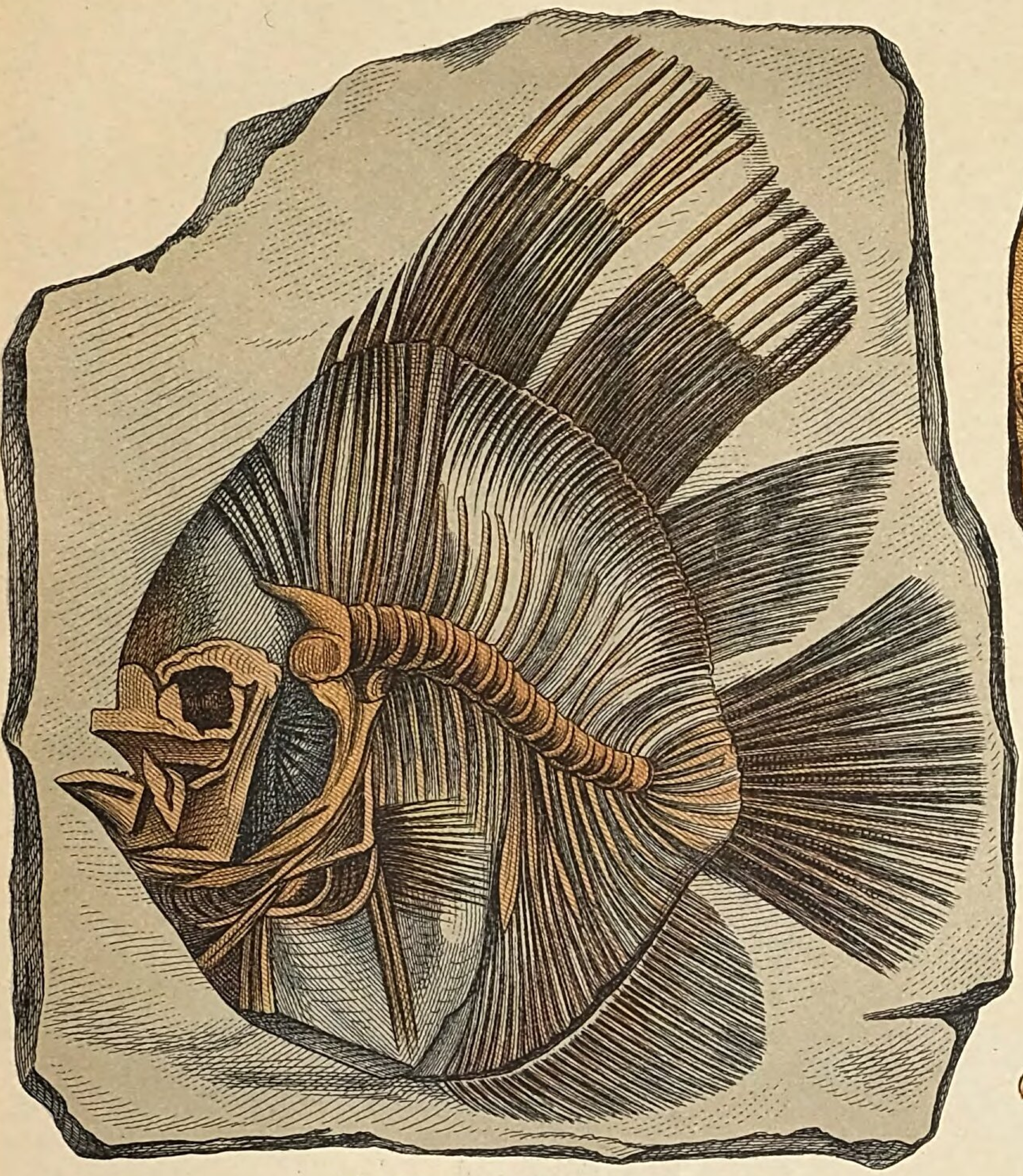
C. Kieselschieferplatte mit Abdrücken.

1. 2. Blätter und Frucht von Podogonium Knorrii. 3. Blätter von Cinnamomum Scheuchzeri. 4. Blatt von Andromeda protogaea. 5. Blatt von Sapindus falcifolius. 6. Blatt von Salix lancifolia. 7. Libellenlarve. 8. Ameisen.



A. Durchschnitt des Pariser Beckens.

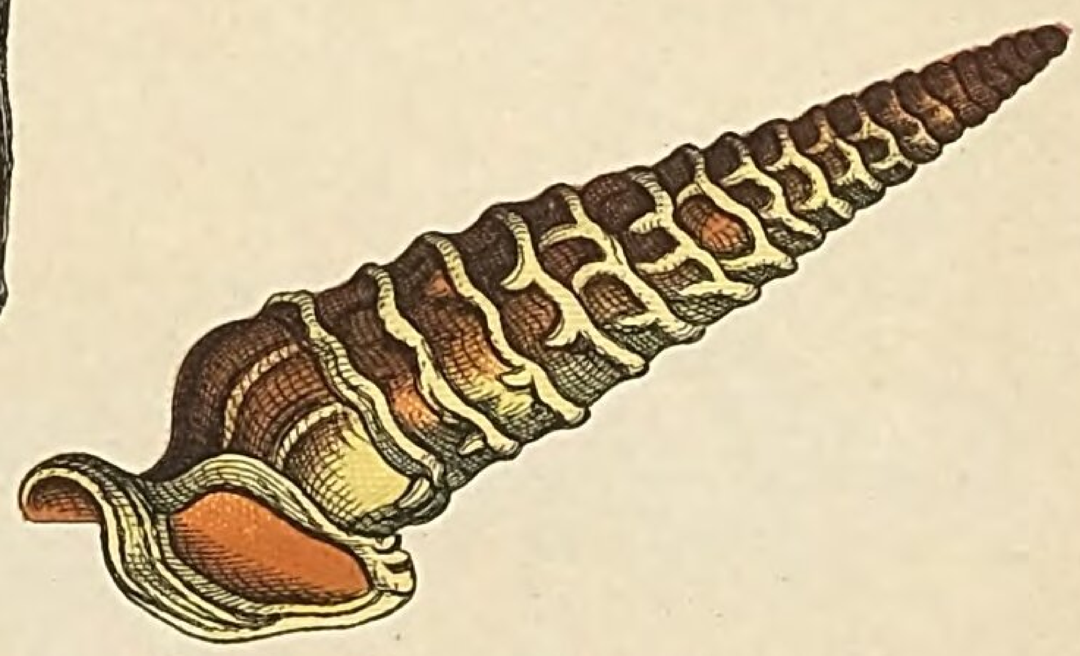
1. Weiße Kreide. 2. Eisenkalk. 3. Plastischer Thon. 4. Grabkalk. 5. Sandstein von Beauchamp. 6. Kieselkalk von St. Ouen. 7. Strontian- und Gipsmergel. 8. Sandstein von Fontainebleau. 9. Mühlsteine von Montmorency. 10. Diluvium.



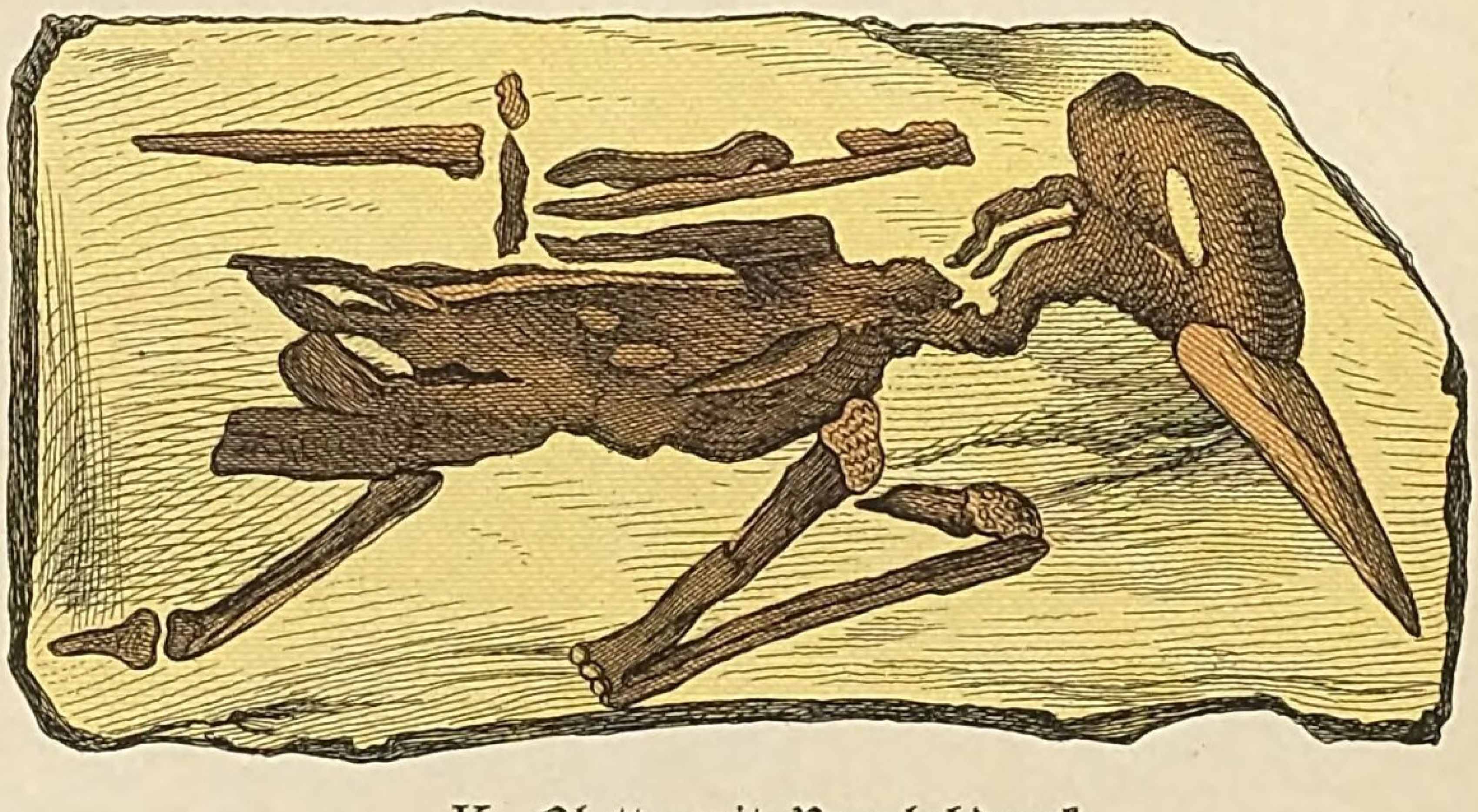
H. Platax altissimus.



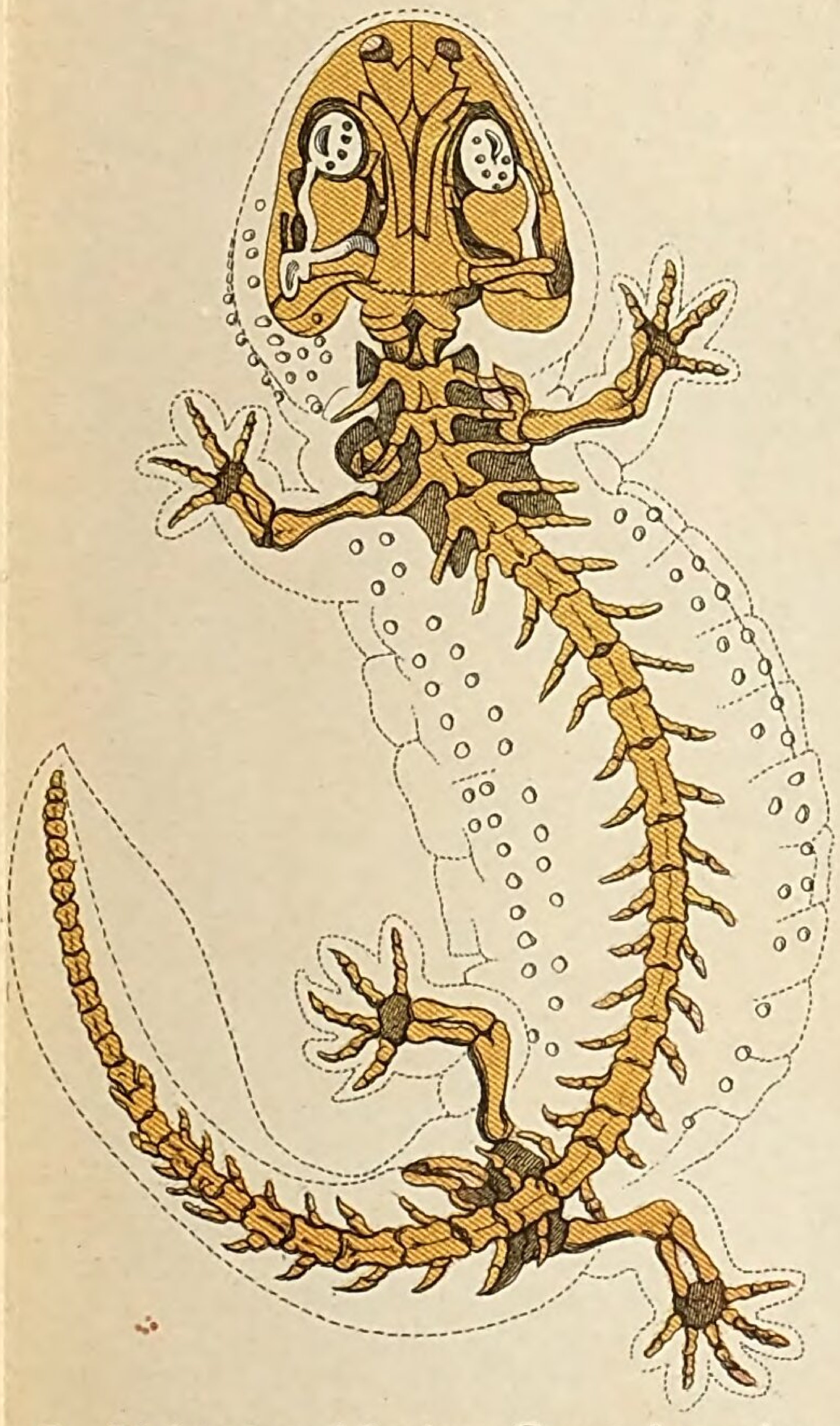
J. Lebias cephalotes.



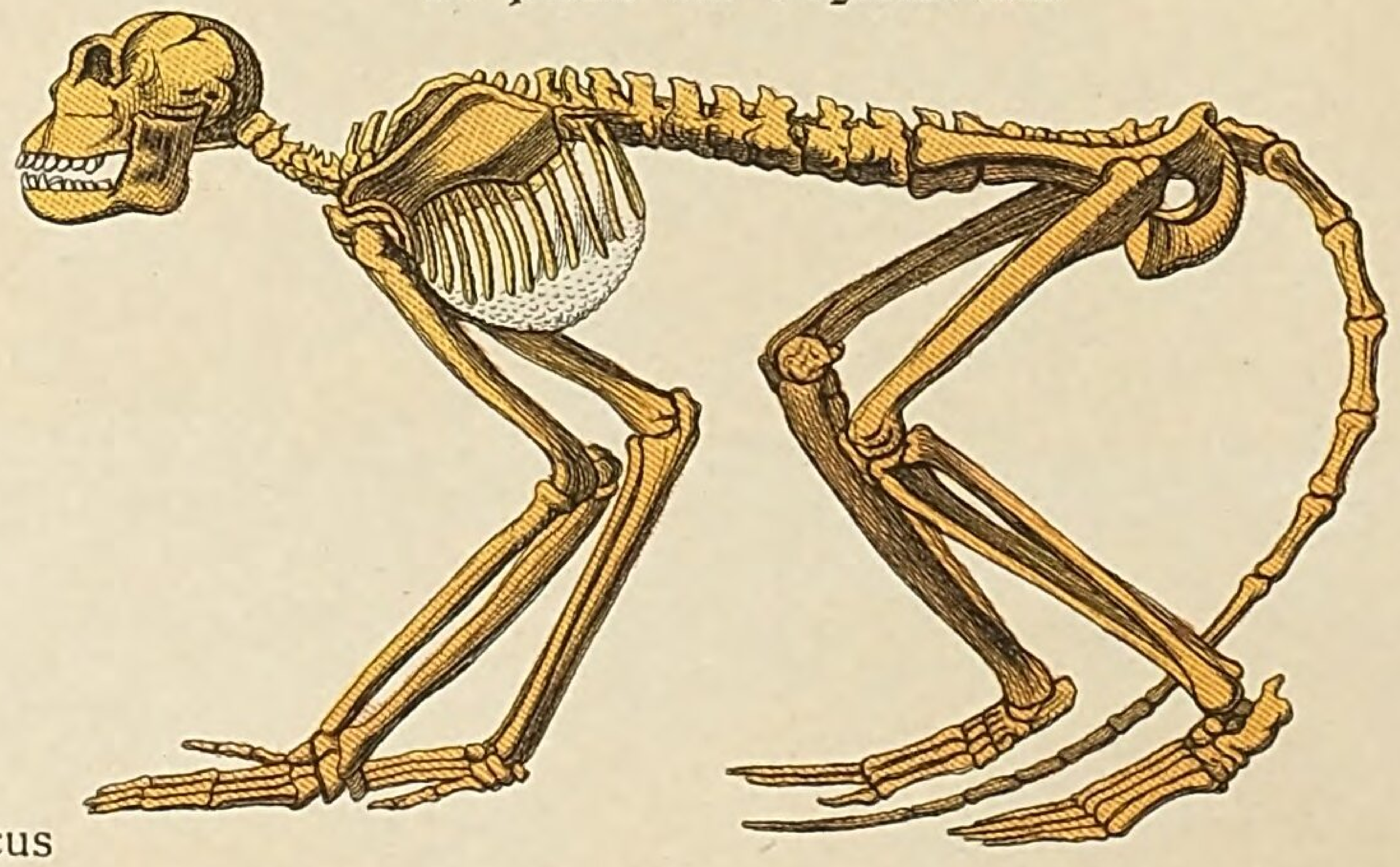
F. Cerithium giganteum.



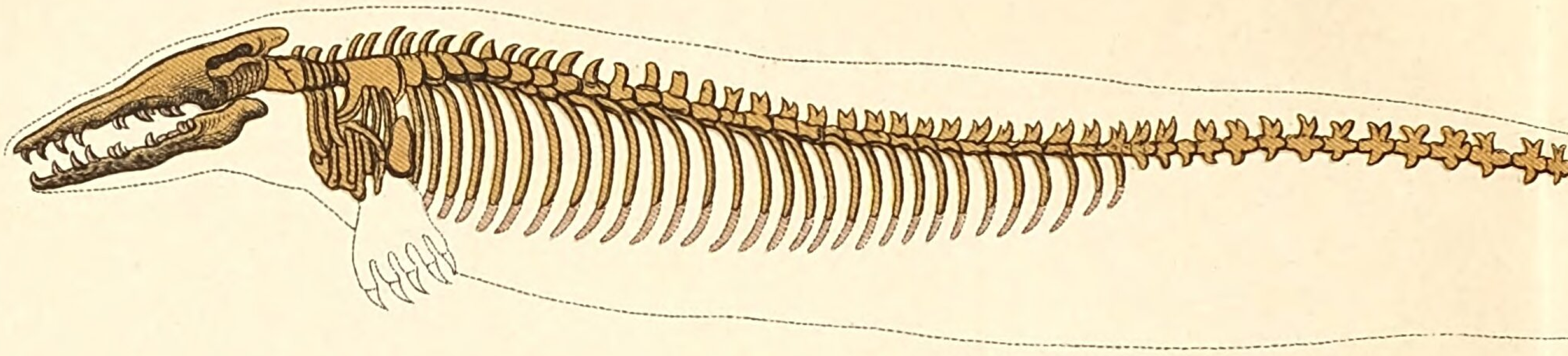
K. Platte mit Vogelabdruck.



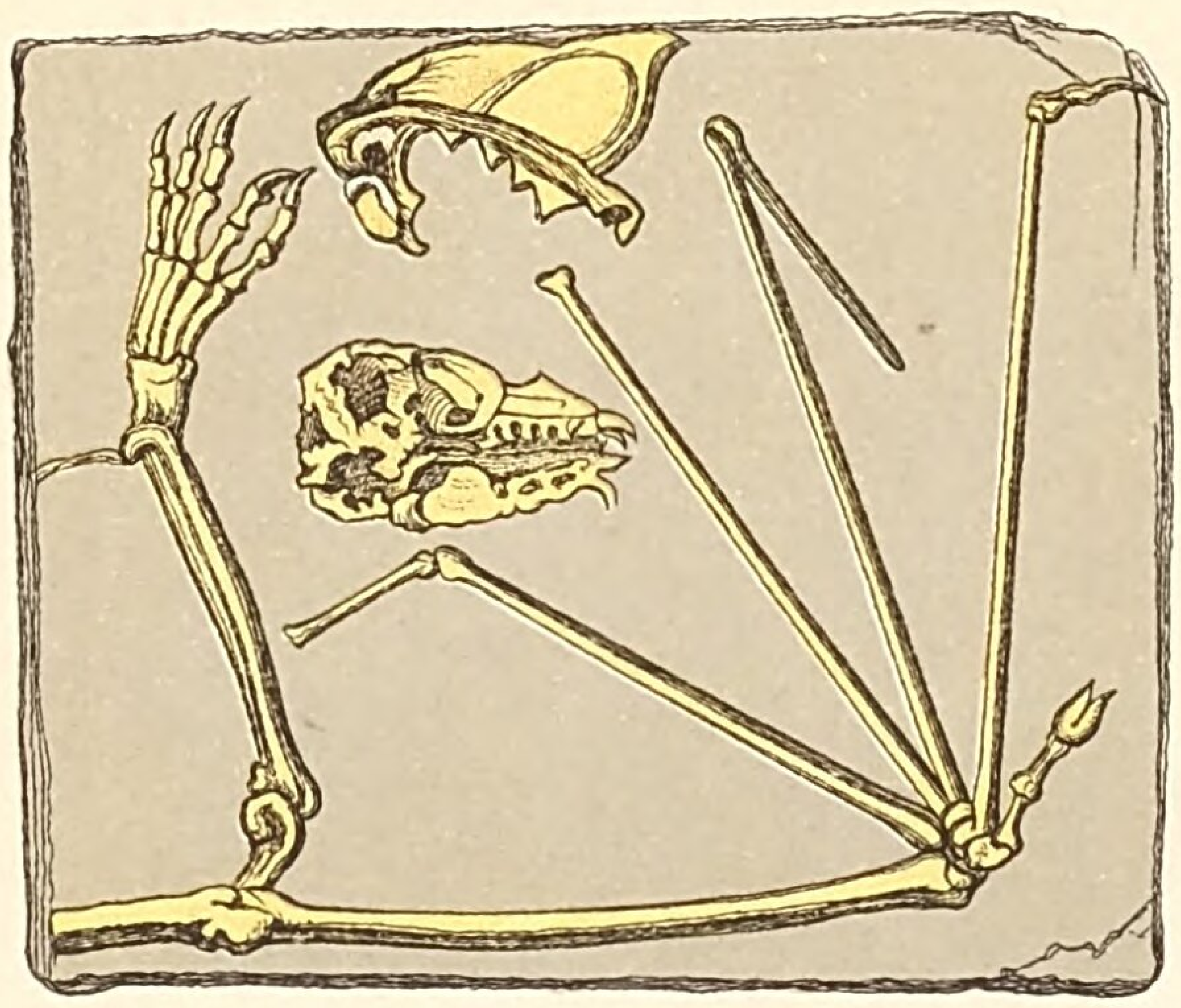
G. Skelett des lebenden Cryptobranchus japonicus (verwandt mit dem fossilen Andrias Scheuchzeri).



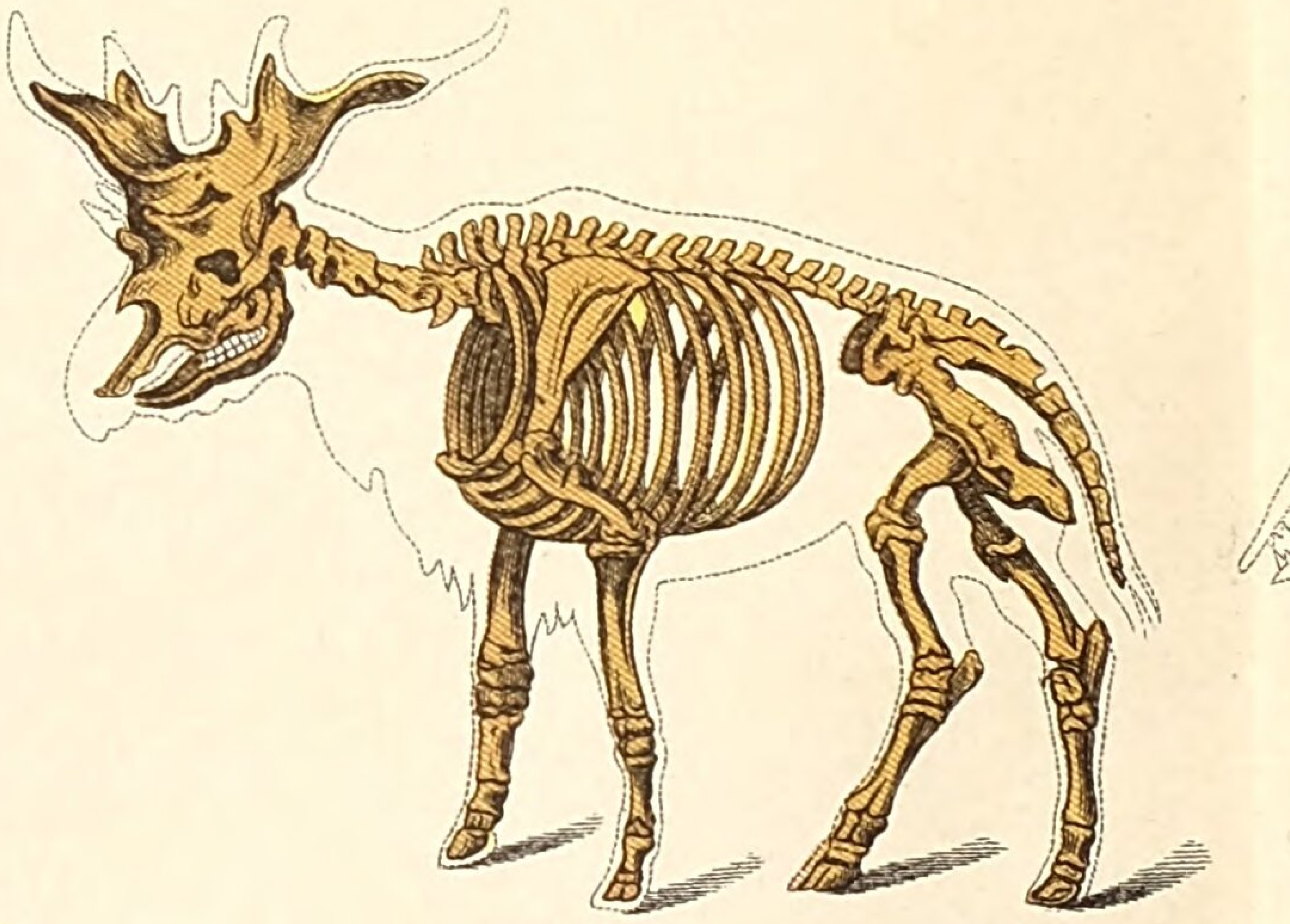
L. Mesopithecus pentelicus.



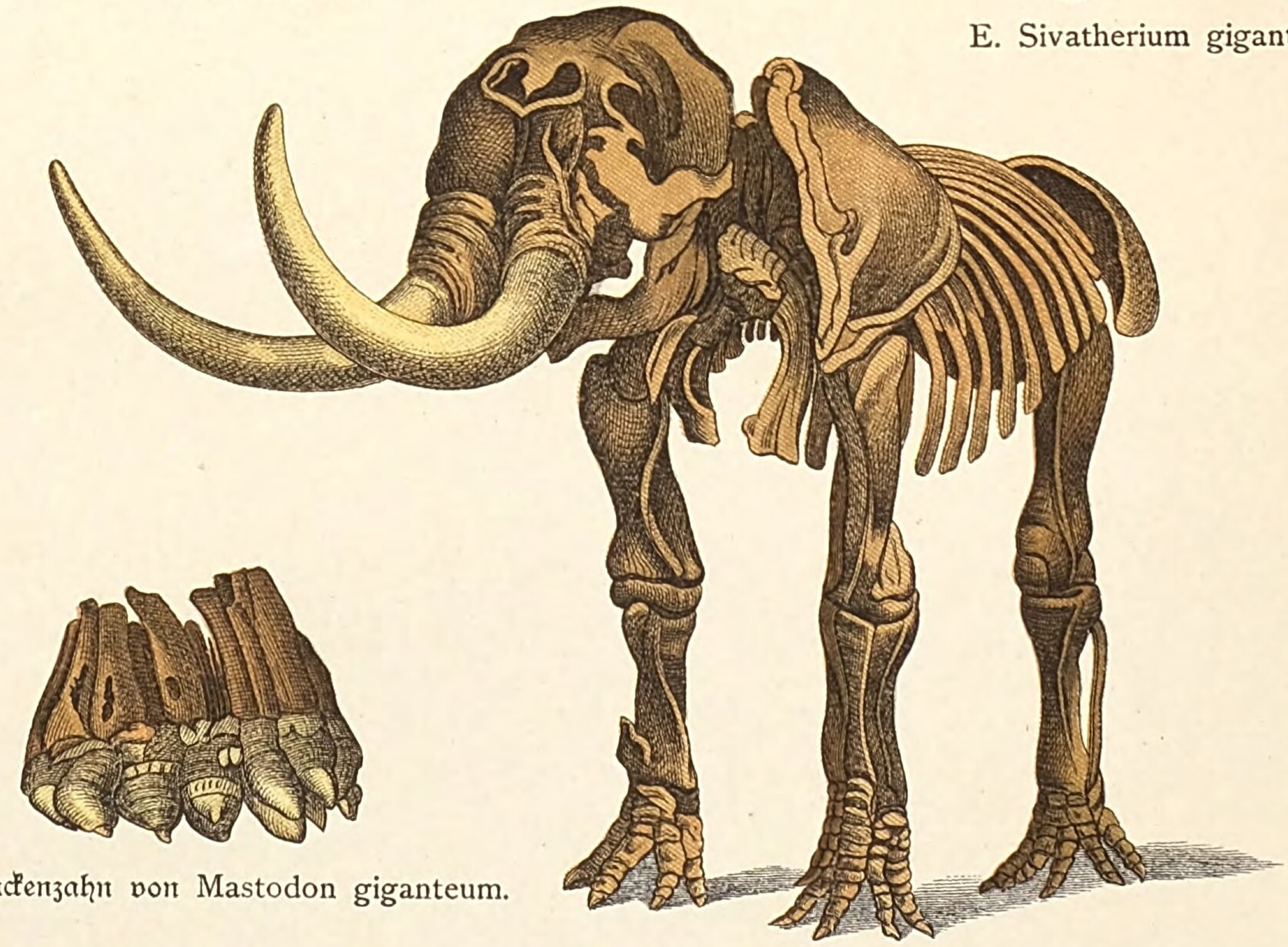
D. Zeuglodon cetoides oder macrospondylus.



C. Vespertilio parisiensis.

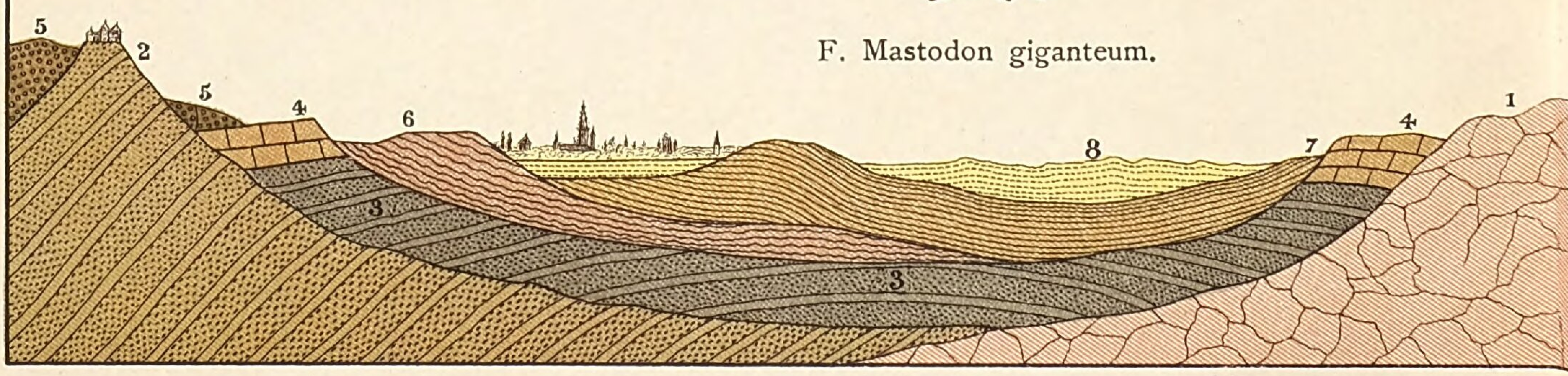


E. Sivatherium giganteum.



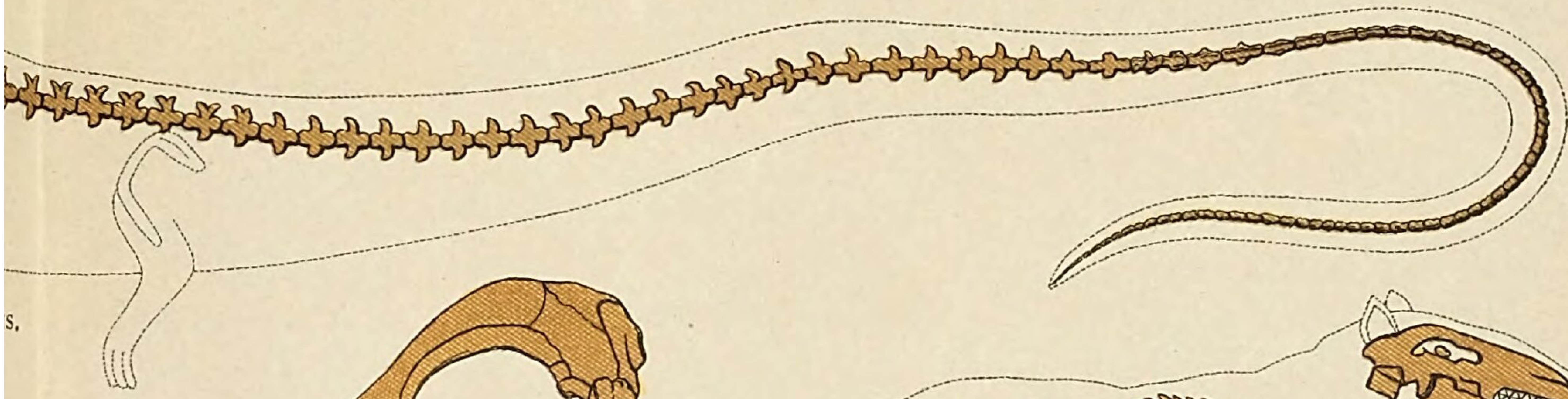
F 1. Backenzahn von Mastodon giganteum.

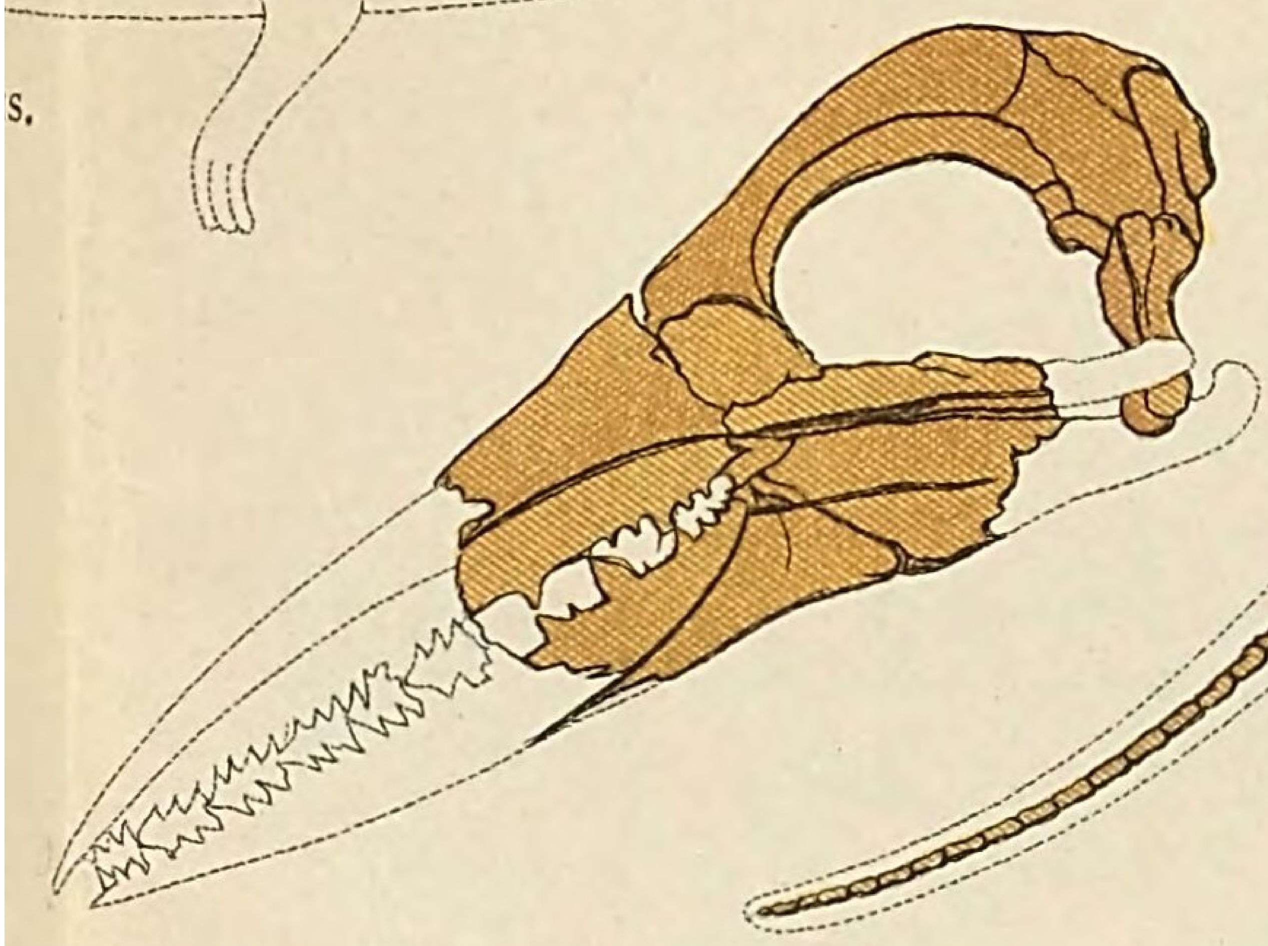
F. Mastodon giganteum.



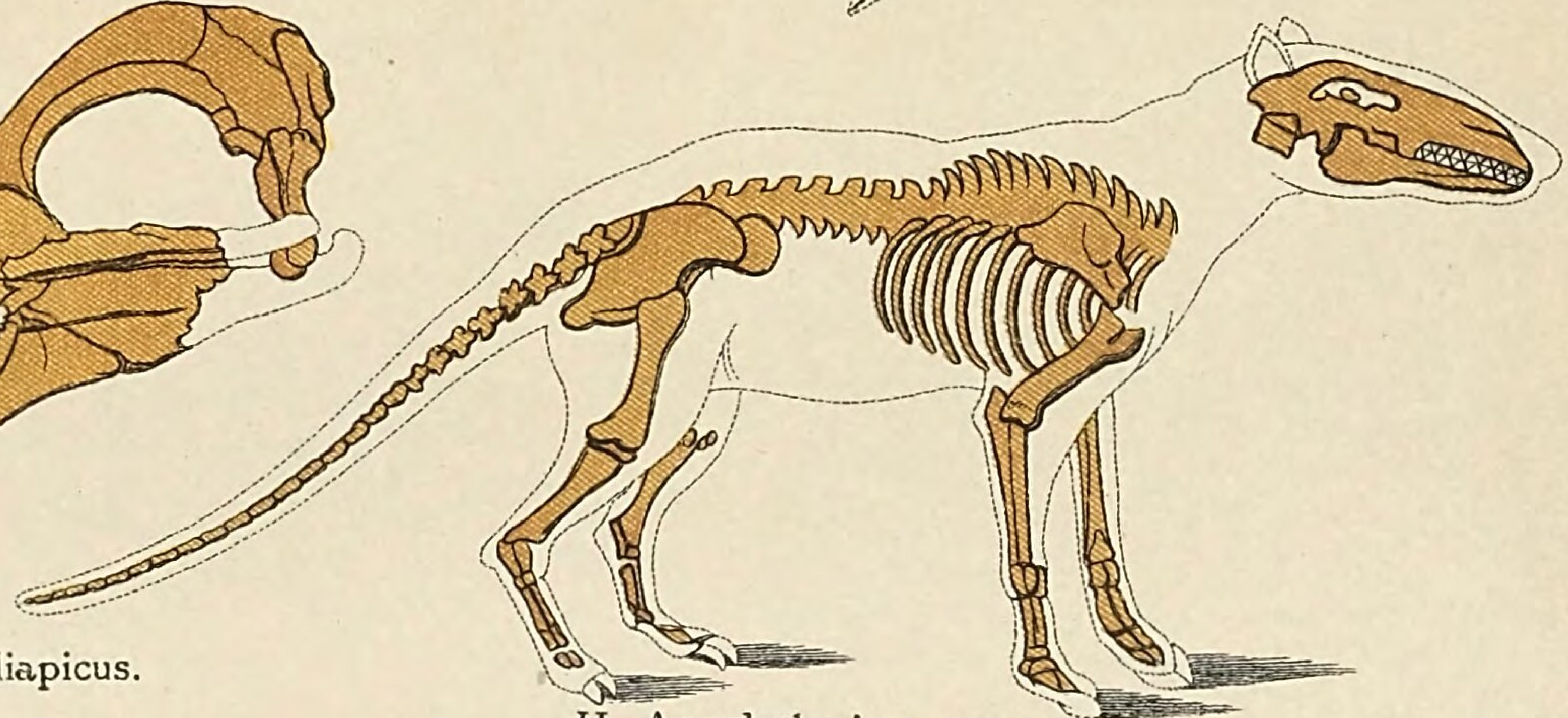
A. Durchschnitt des Wiener Beckens.

1. Krystallinische Gesteine des Leithagebirges. 2. Sandsteine des Wiener Waldes. 3. Conglomerat. 4. Leithakalk. 5. Mariner Sand und Tegel (Thon). 6. Brackwasserbildungen (sarmatische Stufe). 7. Süßwasserbildungen (Pliocän). 8. Diluvium.

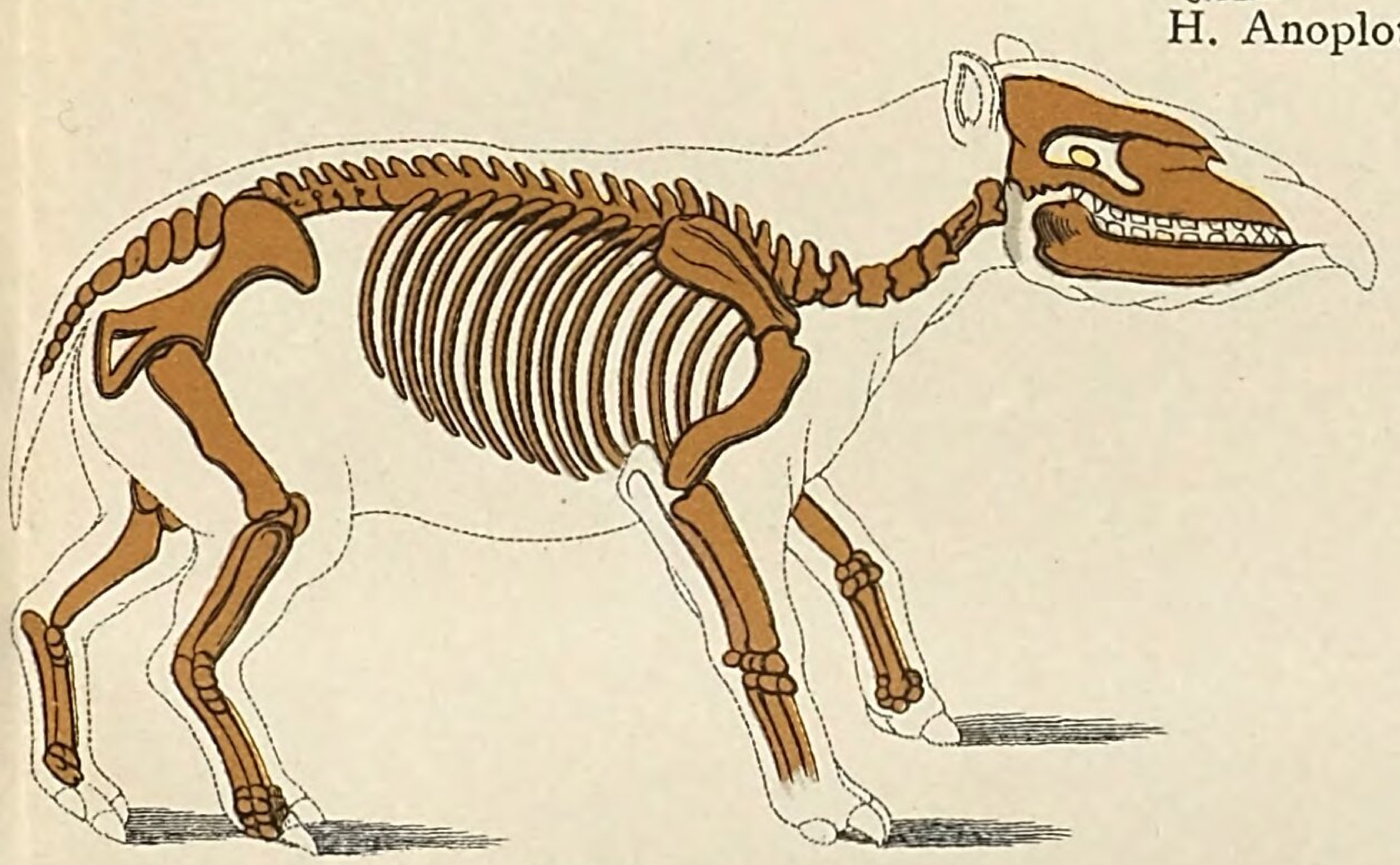




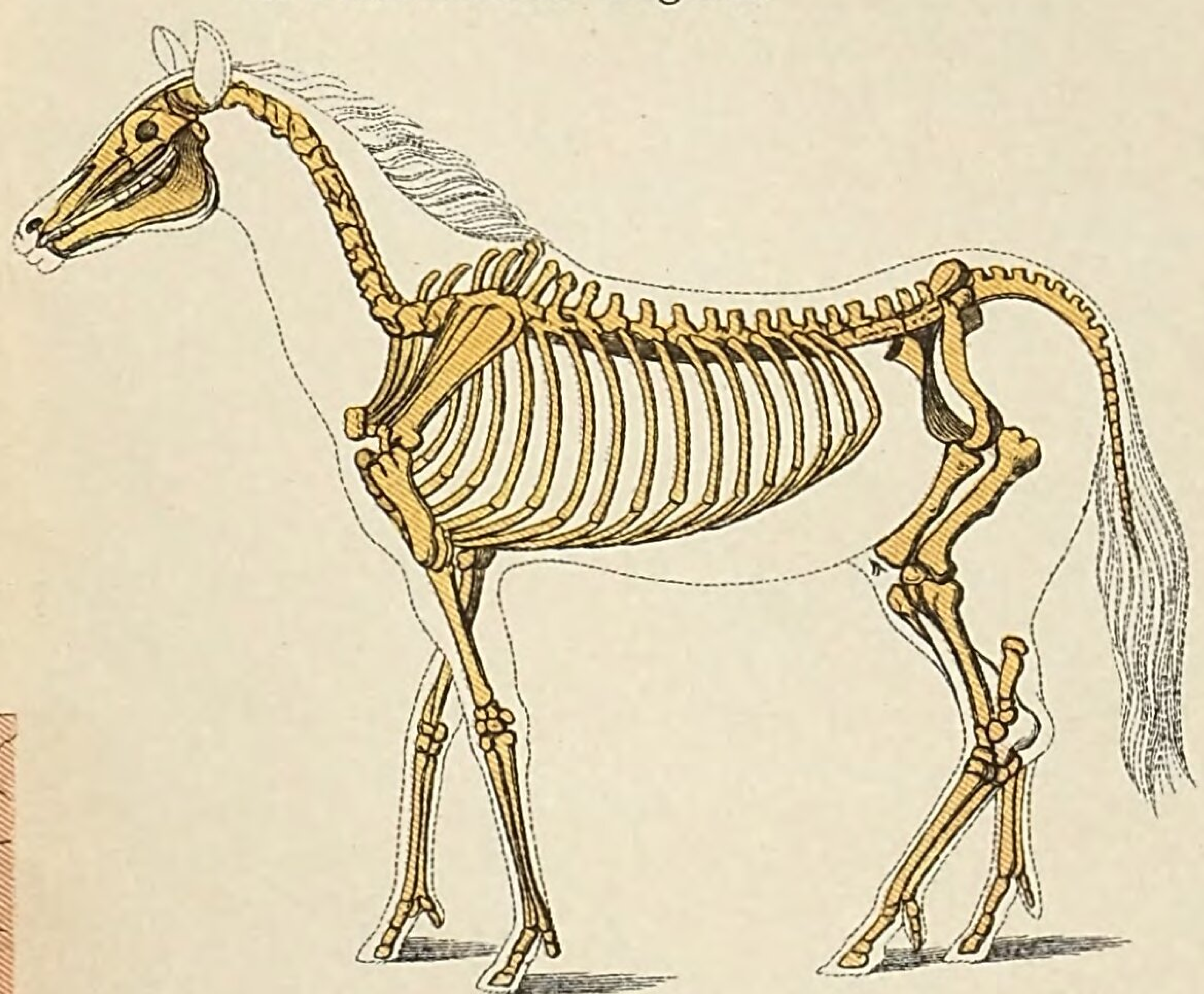
B. Odontopteryx toliapicus.



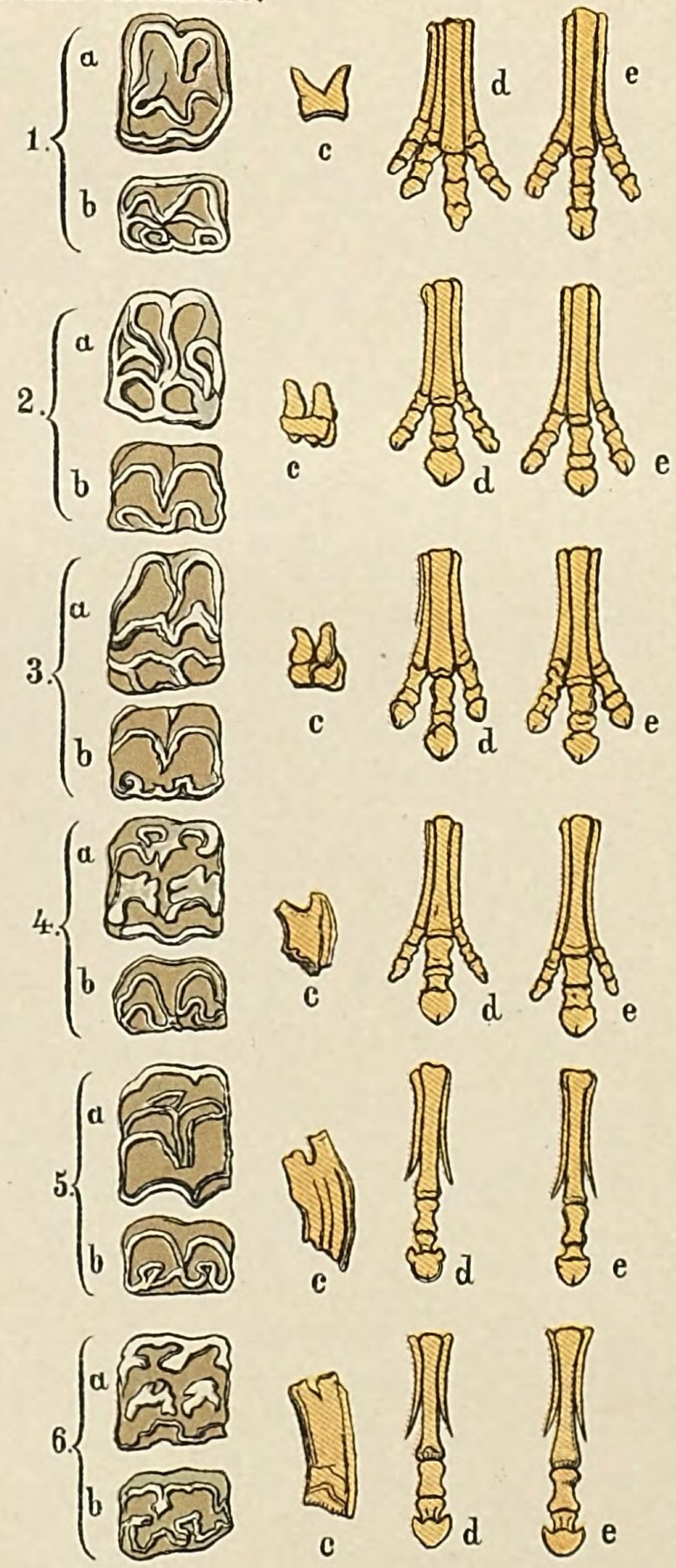
H. Anoplotherium commune.



G. Palaeotherium magnum.



J. Hipparion gracile.



K. Zur Entwicklungsgeschichte des Pferdes.

a. Oberer Backenzahn. b. Unterer Backenzahn. c. Derselbe von der Seite. d. Vorderfuß. e. Hinterfuß von:
1. Orohippus (im Eocän). 2. Mesohippus (im unteren Miocän). 3. Miohippus oder Anchitherium (im oberen Miocän).
4. Protohippus oder Hipparion (im unteren Pliocän). 5. Pliohippus (im oberen Pliocän). 6. Equus (Jetztzeit).

im badischen Seekreis. Der Züricher Naturforscher Scheuchzer hielt es für das Gebein eines vorsündflutlichen Menschen und beschrieb es unter der Bezeichnung „Homo diluvii testis" (der Mensch als Zeuge der Sündflut). Es ist indessen nichts anderes als das Skelett einer molchartigen nackten Amphibienart. Ihr nächster lebender Verwandter ist der auf Japan in Gebirgsseen noch lebende

Fig. G. Cryptobranchus japonicus, der gegen ein Meter lang wird. Wir bilden das Skelett der lebenden Form ab.

Fig. K. stellt einen Überrest von einem Vogel aus dem tertiären Süßwassergyps des Montmartre bei Paris dar.

Tafel XV.

Fig. B. Odontopteryx toliapicus ist der Schädel eines Seevogels aus dem untertertiären Thon von Sheppey, England. Er ist ausgezeichnet durch sägeartig gezähnte Kieferränder. Es ist aber keine wahre Bezahnung.

Die Säugetier-Fauna der tertiären Epoche ist unabsehbar reich und bietet mancherlei seltsame und zum Teil auch riesenhafte Gestalten. Wir können nur eine kleine Anzahl derselben, und zwar meist Europäer, hier vorführen.

Fig. G. Palaeotherium magnum, aus dem tertiären Süßwassergyps des Montmartre bei Paris ist nach dem ganzen Skelett bekannt und gehörte zu den unpaarzehigen Huftieren (Ungulata perissodactyla). In der heutigen Säugetier-Fauna sind seine nächsten Verwandten die Tapir-Arten von Brasilien und von Südasien. Die abgebildete Art erreichte die Größe eines Pferdes. Die Schnauze war rüsselartig verlängert wie beim Tapir.

Fig. H. Anoplotherium commune stammt ebenfalls aus dem Pariser Gyps und ist gleicherweise dem ganzen Skelett nach bekannt. Es war etwas kleiner als vorige Art. Die Zehenbildung ist hier paarig und die Anoplotherien gelten darnach als nahe Verwandte des ältesten Stammes der damals noch nicht in der heutigen Ausbildung vertretenen Wiederkäuer. Es waren ziemlich hochbeinige langgeschwänzte Tiere und mögen Sümpfe und nasse Niederungen bewohnt haben.

Fig. J. Hipparion gracile, auch Hippotherium genannt, führt uns zur Familie der Pferde oder Equiden und zu ihrer Stammesfolge von der älteren Tertiärzeit an bis zu den heute lebenden Equus-Arten. Es war ein Tier von der Größe und Gestalt des heutigen Zebras. Sein Hauptvorkommen ist zu Pikermi bei Athen, außerdem fand es sich in den oberen Tertiärschichten zu Inzersdorf bei Wien, zu Eppelsheim bei Worms u. a. O.

Hipparion ist einer der Stammväter des Pferdes; doch setzen die nordamerikanischen Paläontologen an seine Stelle eine sehr ähnliche, in Nordamerika in gleicher Schichtenhöhe vertretene Gattung Protohippus. Unsere nordamerikanischen Kollegen betrachten überhaupt das Pferd als eine in Nordamerika entstandene Gatttung und erkennen auch nur nordamerikanische Vorfahren derselben an.

Fig. K. gibt nach dieser letzten Ansicht eine Darstellung der allmählichen Entwicklung der Pferdegattung nach der Ausbildung der ursprünglich in der Fünfzahl angelegten hinteren und vorderen Fußknochen, sowie der gleichzeitigen Umgestaltung der Schmelzfalten der Backenzähne. Die beigefügten Buchstaben bedeuten

a. oberer Backenzahn,
b. unterer Backenzahn,
c. derselbe von der Seite gesehen,
d. Vorderfuß,
e. Hinterfuß.

Die Ziffern geben die Namen der Gattungen an.

1. Orohippus (im Eocän von Nordamerika).
2. Mesohippus (im unteren Miocän ebenda).
3. Miohippus (im oberen Miocän, ebenda als Stellvertreter der europäischen Gattung Anchitherium).
4. Protohippus (im unteren Pliocän von Nordamerika als Stellvertreter der europäisch-asiatischen Gattung Hipparion).
5. Pliohippus (im oberen Pliocän von Nordamerika) und **6.** Equus, die Pferdegattung der Gegenwart.

Die Vorfahren des Pferdes waren also einst Fünfzeher. Sie wurden dann durch allmählichen Verlust der äußeren Zehen umgestaltet. Die heutigen Pferde sind Einzeher oder Einhufer. Dies ist durch die reichen amerikanischen Funde von Cope, Marsh und anderen endgiltig bargethan worden.

Fig. E. Sivatherium, aus den tertiären Schichten der Sivalikberge in Ostindien, war ein den Giraffen wahrscheinlich zunächst verwandter Wiederkäuer, der die Größe eines Elephanten erreicht haben mag. Der Schädel zeigt zwei Stirnzapfen und dahinter zwei andere kurze Hervorragungen. Ueber die natürliche Verwandtschaft dieses Ungetüms und die Herstellung seiner früheren Körpergestalt sind verschiedene Ansichten geltend gemacht worden. Unsere Figur erteilt ihm ein gewaltiges Geweih.

Die Gattung Mastodon oder Zitzenzahn begreift die Vorfahren der Elephanten und ist erloschen. Es waren große Rüsseltiere, wie letztere, aber sie führten außer zwei mächtigen Stoßzähnen (umgestalteten Schneidezähnen) im Zwischenkiefer auch noch zwei kleinere Stoßzähne im Unterkiefer, die übrigens früher oder später ausfielen. Die Backenzähne trugen mehr oder weniger zahlreiche zitzenförmige oder gerundetkeglige Höcker, ähnlich denen mancher älterer unpaarzehiger Huftiere (wie z. B. Lophiodon). Man kennt auch vermittelnde Formen zwischen Mastodon und Elephas, welche die Abkunft der letzteren Gattung von ersterer deutlich erweisen.

Fig. F. stellt eine quartäre Mastodon-Art (das nordamerikanische Mastodon giganteum) dar.

Fig. 1. ist ein Backenzahn desselben.

Fig. D. Zeuglodon cetoides ist das Skelett eines sehr großen Seesäugetiers aus der Verwandtschaft der heutigen Robben und Delphine. Die vorderen Gliedmaßen sind kurz und flossenförmig; die Finger waren aber noch frei beweglich. Zeuglodon cetoides ist nach einem vollständigen Skelett aus den unteren Tertiärschichten von Alabama in Nordamerika bekannt und mag etwa 20 Meter Länge erreicht haben. Früher schrieb man ihm eine noch ansehnlichere Länge zu.

Fig. C. Vespertilio parisiensis ist eine kleine Flebermaus aus dem Süßwassergyps des Pariser Beckens.

Tafel **XIV. Fig. L.** Mesopithecus penthelicus ist ein nach dem ganzen Skelett bekannter langschwänziger Affe aus dem obertertiären Knochenlager von Pikermi bei Athen. Er hatte eine den Meerkatzen oder Cercopithecus-Arten von Südasien ähnliche Gestalt.

Noch gegen Ende der zwanziger Jahre hatte Cuvier behauptet, es gäbe gar keine fossile Affen, aber es verging noch kein Jahrzehnt und man kannte schon den Affen von Pikermi und noch zwei weitere Arten. Jetzt kennt man eine ganze Reihe fossiler Affenarten aus Europa, Asien und Amerika.

Darunter befindet sich auch der bezahnte Unterkiefer des Dryopithecus Fontani aus den mittleren Tertiärschichten von St. Gaudens (Dept. Haute Garonne). Er gehört bereits zu den Antropoiden oder menschenähnlichen Affen. Vereinzelte Backenzähne der Gattung Dryopithecus aus dem Bohnerz der Schwäbischen Alb (derselben Schichtenhöhe) hat man früher für Menschenzähne gehalten, denen sie allerdings auch schon sehr nahe kommen.

Tafel XVI.

Das ideale Landschaftsbild der Tertiärzeit vereinigt eine Anzahl großer, teils das feste Land bewohnender, teils auch Sümpfe liebender Säugetierarten, die freilich in Wirklichkeit keine genaue Zeitgenossen waren.

Fig. 1. Palaeotherium magnum ist eben im Begriff ein Schilfdickicht zu durchwaten.

Vor ihm und in tieferem Wasser treibt sich ein Flußpferd oder Hippopotamus. **Fig. 7.** — vielleicht die damals in Süd- und Mitteleuropa reichlich verbreitete Art Hippopotamus major — umher.

Zur Linken sieht man aus einem Palmenhain ein Rudel leichtfüßiger Hipparionen hervorstürmen. Es ist Hipparion gracile, **Fig. 9.**

Unmittelbar vor ihnen dem Ufer nahe gewahren wir eine schlanke Giraffe

Fig. 8. Cameleopardalis. Sie war einst zusammen mit einem nahen Verwandten, dem etwas untersetzteren Helladotherium in Südeuropa verbreitet.

Zu ihrer rechten grast ein Rudel langhörniger Antilopen mit den Hipparionen und Giraffen zusammen, einst Bewohner Europas.

Im Begriffe ins Wasser zu gehen, sehen wir weiter rechts

Fig. 6. ein Nashorn oder Rhinoceros. Es ist eine der Arten mit einzigem Horn.

Ganz vorn zeigt unsere Landschaft am grünen Strand auch noch ein paar große Frösche und

Fig. 10. den Oeninger Riesenmolch Andrias.

Vorn zur Rechten gewahren wir die riesige Gestalt eines plumpgebauten grobknochigen Rüsseltiers, das offenbar am besten an schilfreichen Ländern von Flüssen und Sümpfen gedeihen mochte. Es ist

Fig. 4. das Dinotherium giganteum, ein Seitenverwandter des Tapirs und des Mastodon, mit denen er die Höcker der Backenzähne gemeinsam hat. Aber von beiden unterscheiden ihn die mächtigen nach unten gebogenen Stoßzähne des Unterkiefers, mit denen er wahrscheinlich nahrungsreiches Wurzelwerk am Wasserrande hervorwühlte. Der zu Eppelsheim bei Worms ausgegrabene Schädel dieses der heutigen Säugetierfauna gänzlich fremden Rüsseltiers erreichte eine Länge von etwa über einen Meter.

Weiter hinten sehen wir

Fig. 2. das schwerfällige Lephiodon, welches halb Schwein halb Flußpferd auch in diese Gattung gehört.

Mitten in der Landschaft treibt sich ein Rudel von Mastodonten umher.

Fig. 5. Mastodon longirostris, mit vier Stoßzähnen, zwei großen nach vorn gerichteten im Oberkiefer und zwei ähnlichen kleineren im Unterkiefer.

Neben ihnen sehen wir

Fig. 3. Anoplotherium commune am Strande wandeln. Es ist genau genommen eigentlich kein Zeitgenosse der Mastodonten, sondern etwas älter und ein Gesellschafter der Paläotherien, mit denen seine Gebeine im Gyps des Montmartre zusammen gefunden werden. Die rechte Seite der Darstellung nimmt eine Waldung ein. Wir unterscheiden in ihr Laubhölzer, Palmen und Araucarien. Ein Bewohner dieser Waldgegend ist der langgeschwänzte Affe von Athen,

Fig. 11. Mesopithecus penthelicus

Die quartäre Epoche

ist, wie wir bereits oben Seite 21 auseinander setzten, durch keine über die ganze Erdoberfläche hinaus zu verfolgende Grenze von der tertiären geschieden, und wir nehmen anstatt einer solchen, ohne Anspruch auf Unfehlbarkeit zu erheben, das Erscheinen der sogen. Waldschicht (the forest bed) des südöstlichen Englands, da mit dieser eine namhafte Einwanderung von Säugetieren aus dem Osten, (wie es scheint aus dem südlichen Teil von Sibirien,) nach Europa stattfand und sich daselbst auch zum Teile fort erhielt.

Die quartäre Epoche ist in Europa überhaupt die Zeit einer vorübergehenden aber sehr tief eingreifenden Abkühlung des Klimas, die besonders zu einer weitgehenden Vergletscherung der Hochgebirge führte und auf die Pflanzen- und Tierwelt unseres Erdteils einesteils vernichtend, anderenteils verschiebend wirkte.

Schon im Verlaufe der tertiären Zeit zeigen sich die Wirkungen einer allmählichen Abkühlung des Klimas, namentlich in den obertertiären Meeresablagerungen des südöstlichen England. Die Hochgebirge entwickelten dann ungeheure Gletschermassen, deren vorrückende Stirnen sich weit in die Thäler und die vorliegenden Ebenen ausgossen. Moränenschutt und Wanderblöcke, von den allmählich aber mit unwiderstehlicher Gewalt vorrückenden Gletscherströmen getragen, verbreiteten sich weit im Umkreis der Gebirge und hinterblieben, als die Eiszeit wieder ein Ende nahm, als sprechende Beweise von einer ehemaligen, aber inzwischen vorübergegangenen Überwucherung der Hochgebirgsgletscher.

Im Verlaufe der wieder nachlassenden Kälte wanderte auch der **Mensch** in Europa ein, wahrscheinlich aus dem südlichen Sibirien.

Überhaupt verläuft die europäische Eiszeit so allmählich in die Gegenwart, daß es noch keinem Geologen oder Paläontologen geglückt ist, eine irgend haltbare Grenze zwischen beiden Epochen zu ziehen. In früheren Jahrzehnten nahm man das Erscheinen des Menschen als Grenze von Diluvium und Alluvium, aber diese Vorstellung ist seither hinfällig geworden.

Die **Pflanzenwelt** der quartären und diluvialen Epoche weicht nur wenig von der der Gegenwart ab. Wohl aber sind mit Eintritt der Eiszeit eine Anzahl von arktischen Pflanzenarten weiter nach Süden vorgedrungen und darnach mit Wiederkehr des milderen Klimas, dem Rückzug der Gletscher folgend, auf die Hochgebirge emporgestiegen, wo sie heute noch sitzen. So zeigt die skandinavische Bergflora eine auffallende Uebereinstimmung mit der der Alpen und der Karpaten. Diese sind gleichsam Kolonien der arktischen Flora, jetzt von der alten Heimat getrennt durch Gebiete milderen Klimas.

Aehnliche Wanderungen vollzogen sich in Europa im Verlaufe der Eiszeit und des Wiedereintritts milderer Witterung seitens der **Tierwelt**, namentlich in ausgezeichneter Weise der des Festlands.

Die niedere Tierwelt macht sich unter den quartären Funden nur wenig bemerklich. Am meisten fällt noch die Landschneckenfauna des Lößes oder mergeligen Lehms in die Augen und sie enthält mehr kälteliebende Arten.

Tafel XVII.

Wir betrachten drei dieser Löß-Conchilien. Alle drei sind heute noch lebende Arten.

Fig. B1. Succinea oblonga ist gewöhnlich die häufigste Art im Löß, aber als lebende Art nur spärlich bei uns vertreten, häufiger in kühleren regnerischen Klimaten.

Fig. B2. Helix hispida, lebt noch häufig auf feuchten Wiesen und an schattigen Stellen.

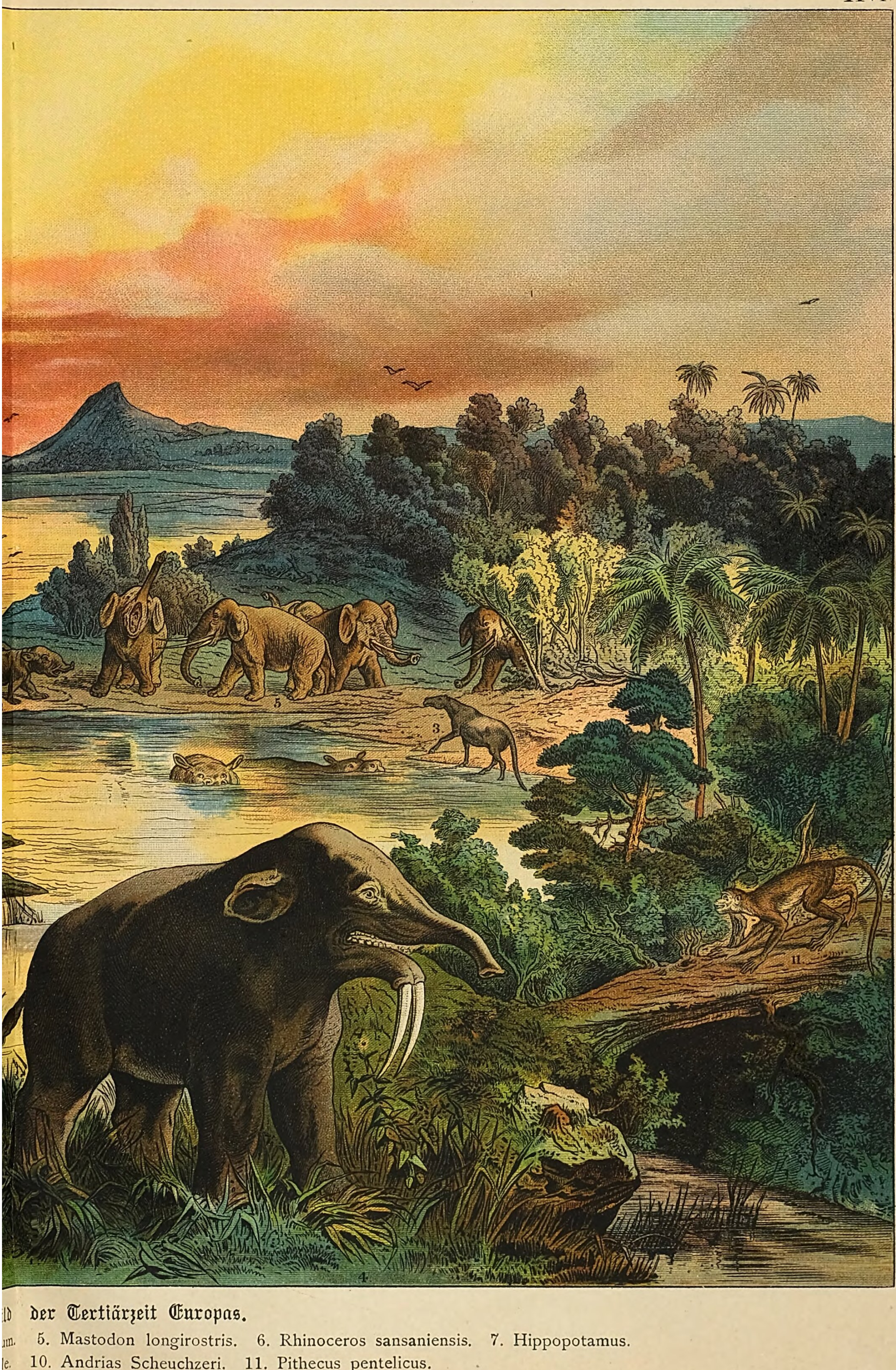
Fig. 3. Pupa muscorum bewohnt derzeit mehr trockene Wiesen und grasige Abhänge.

Unter den Säugetier-Arten von Europa im Verlaufe der quartären Epoche bemerkt man neben solchen, die dem heutigen Klima entsprechen — wie Hirsch, Reh,



Ideales Landschaftsbild

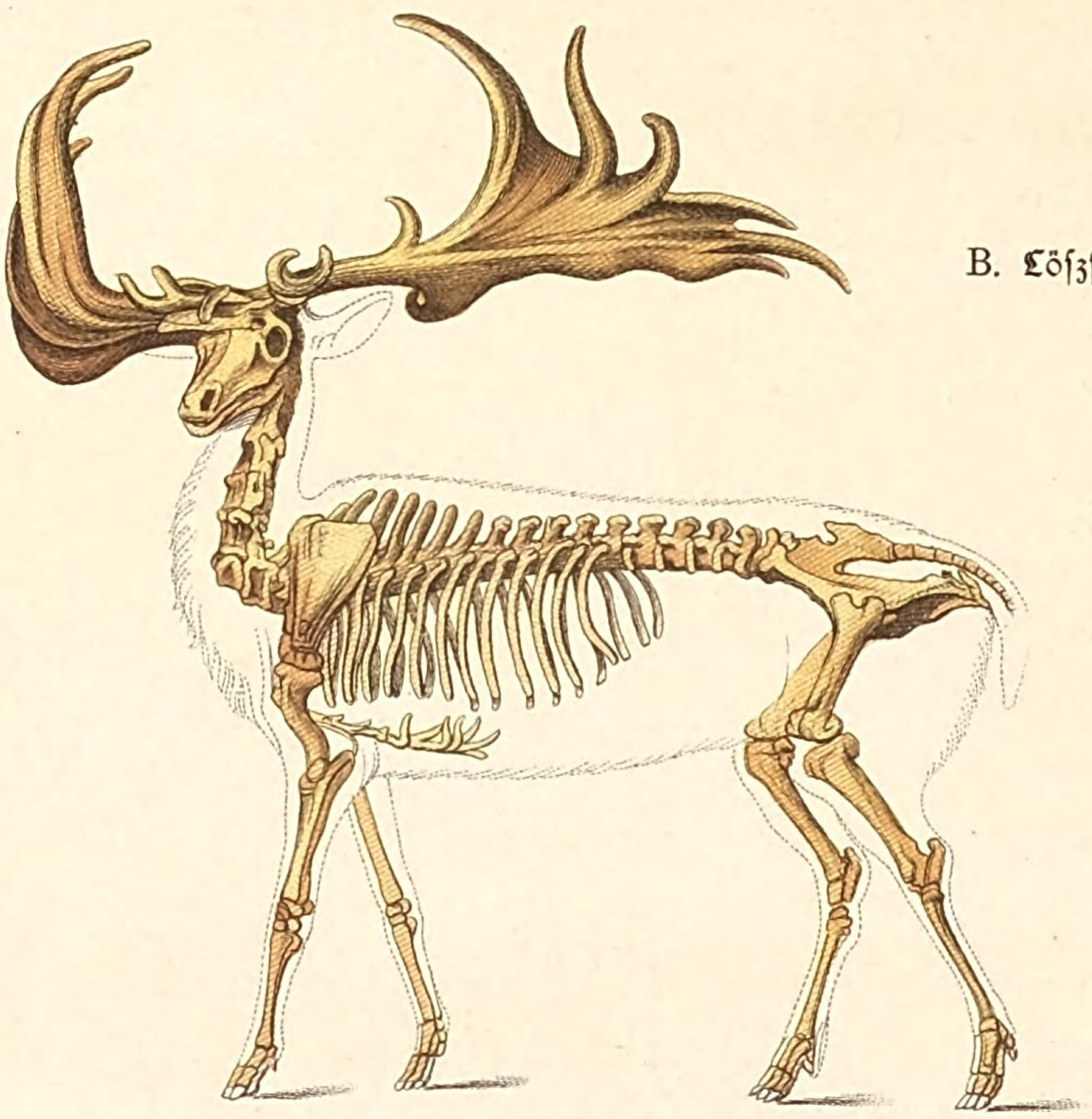
1. Palaeotherium. 2. Lephiodon. 3. Anoplotherium. 4. Dinotherium.
8. Helladotherium. 9. Hipparion gracile.



ild der Tertiärzeit Europas.

um. 5. Mastodon longirostris. 6. Rhinoceros sansaniensis. 7. Hippopotamus.

le. 10. Andrias Scheuchzeri. 11. Pithecus pentelicus.



F. Cervus megaceros.

B. Lößschnecken (im Süßwasserdiluvial).



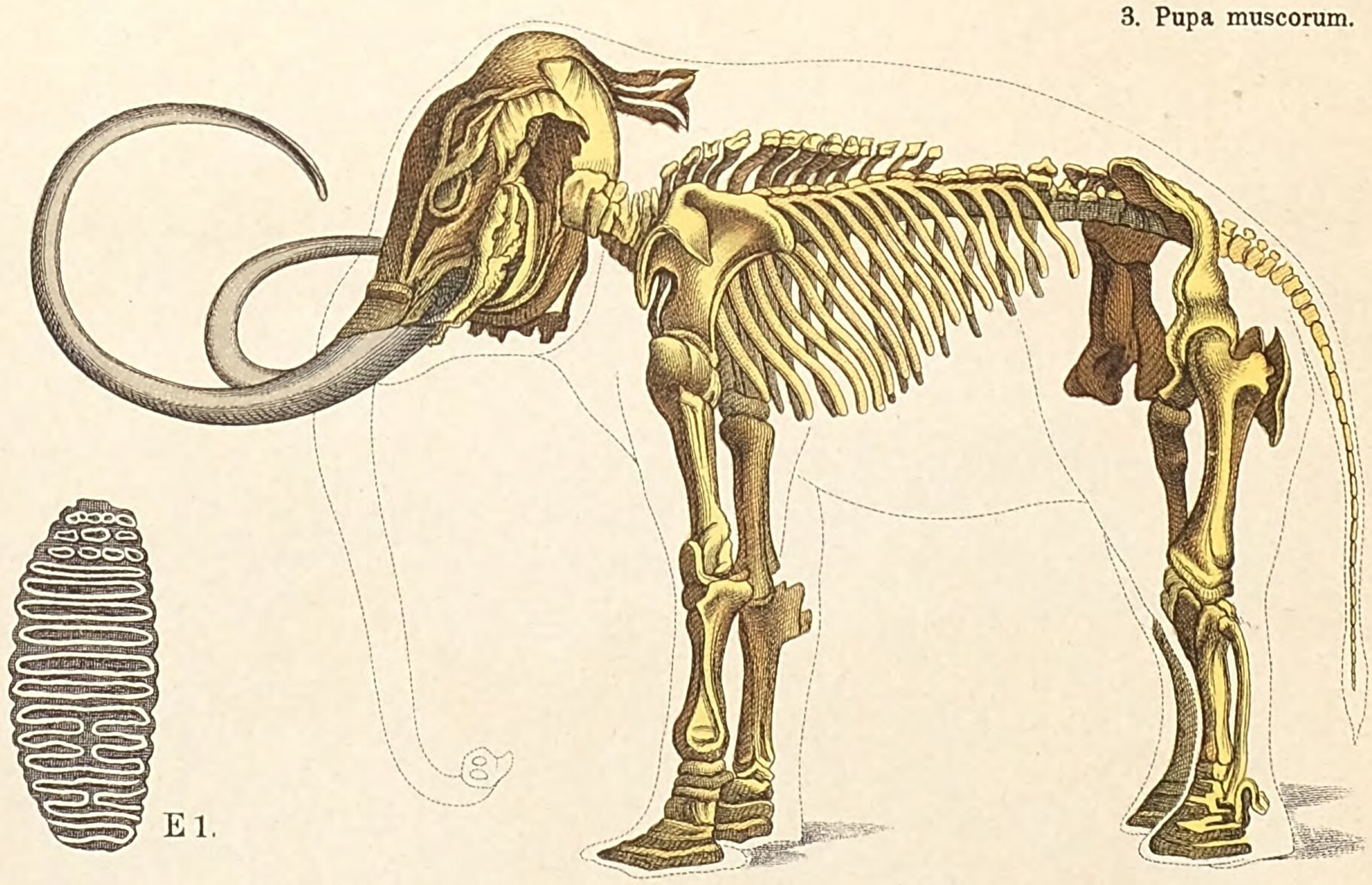
1. Succinea oblonga.



2. Helix hispida.

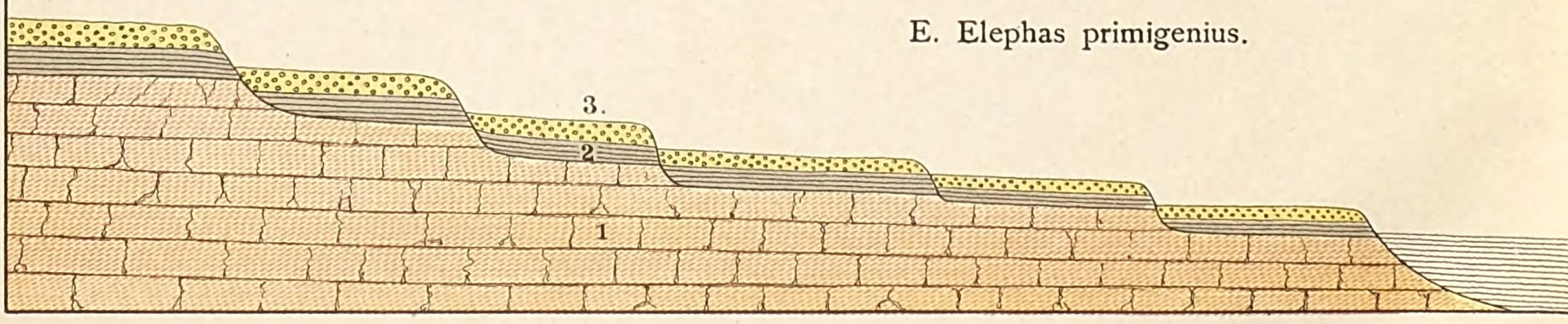


3. Pupa muscorum.

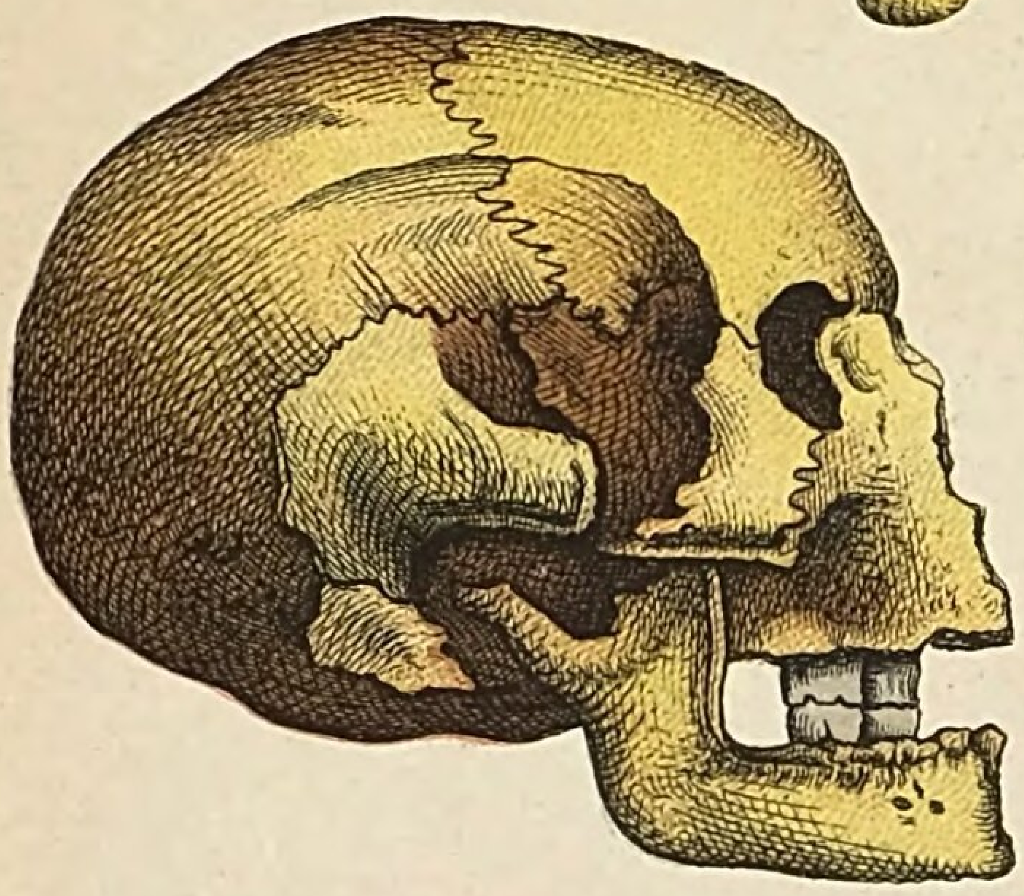


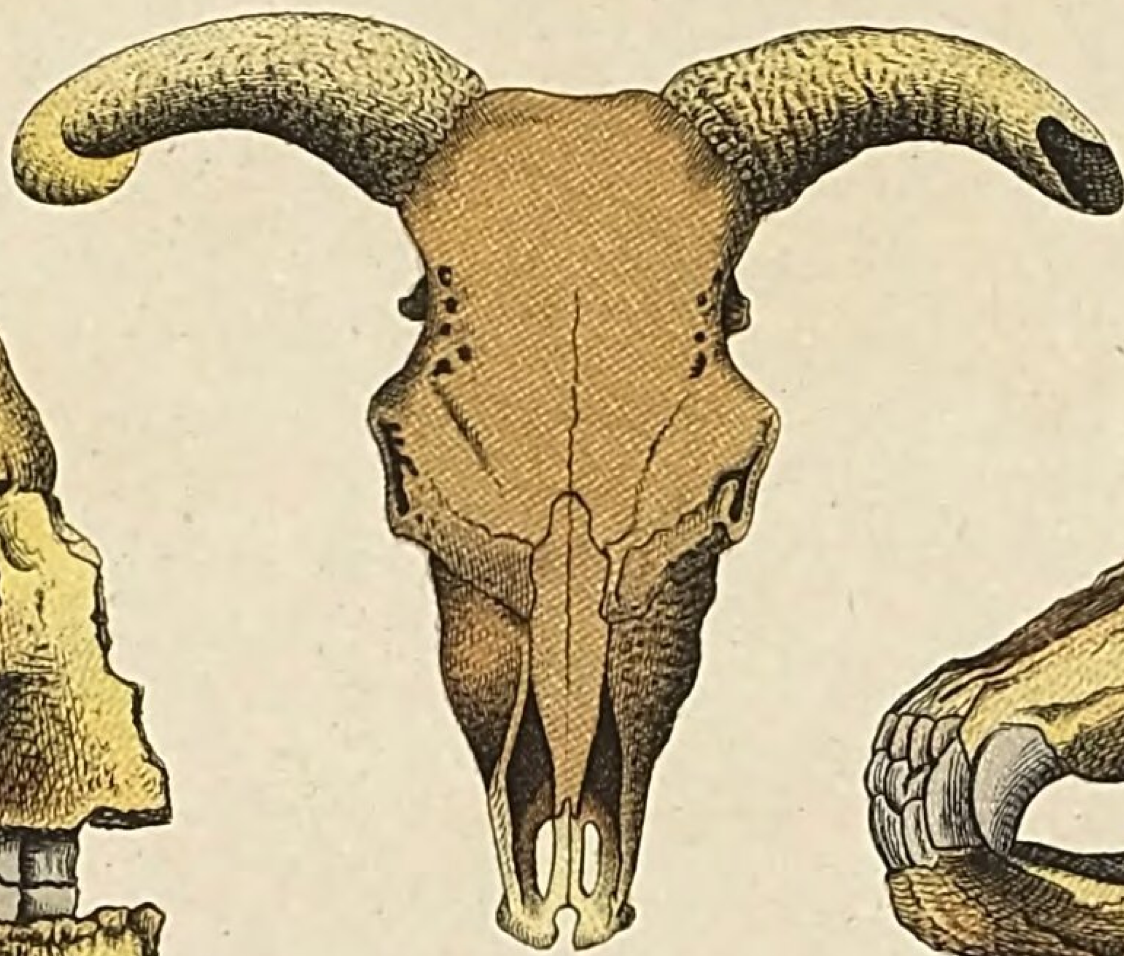
E 1.

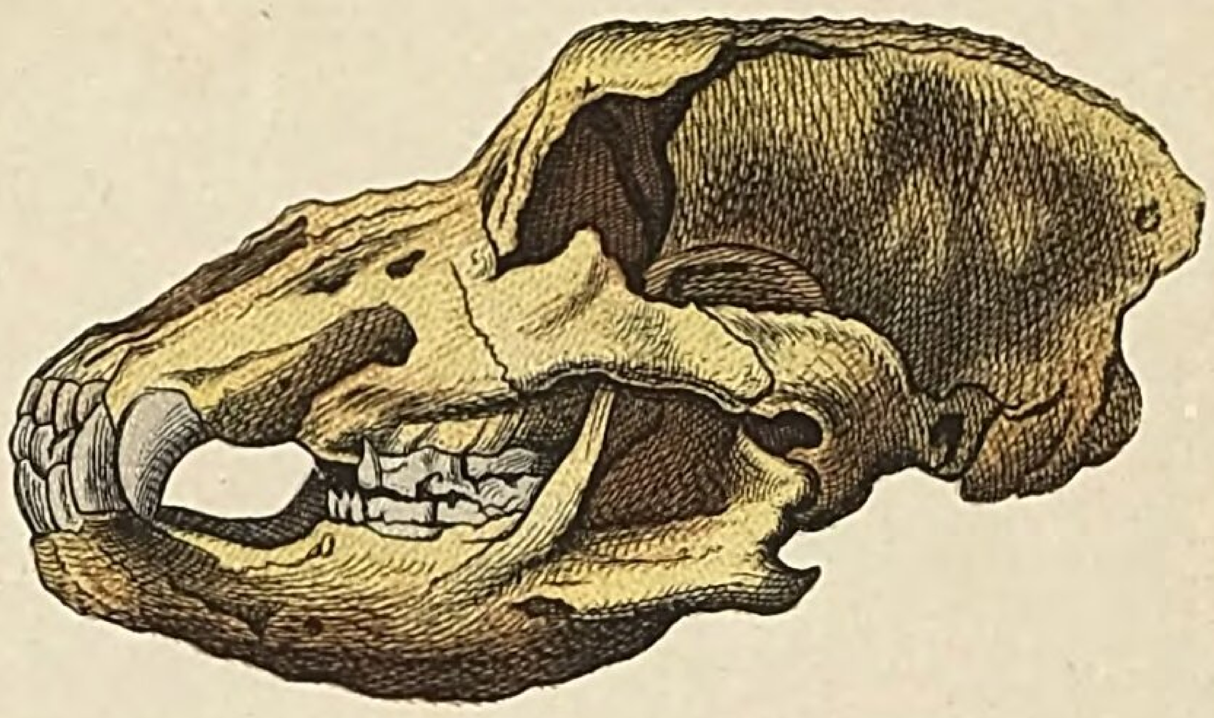
E. Elephas primigenius.



A. Terassenförmige Diluvialbildungen in Patagonien.
1. Sandstein. 2. Thon. 3. Kies. M. Meer.

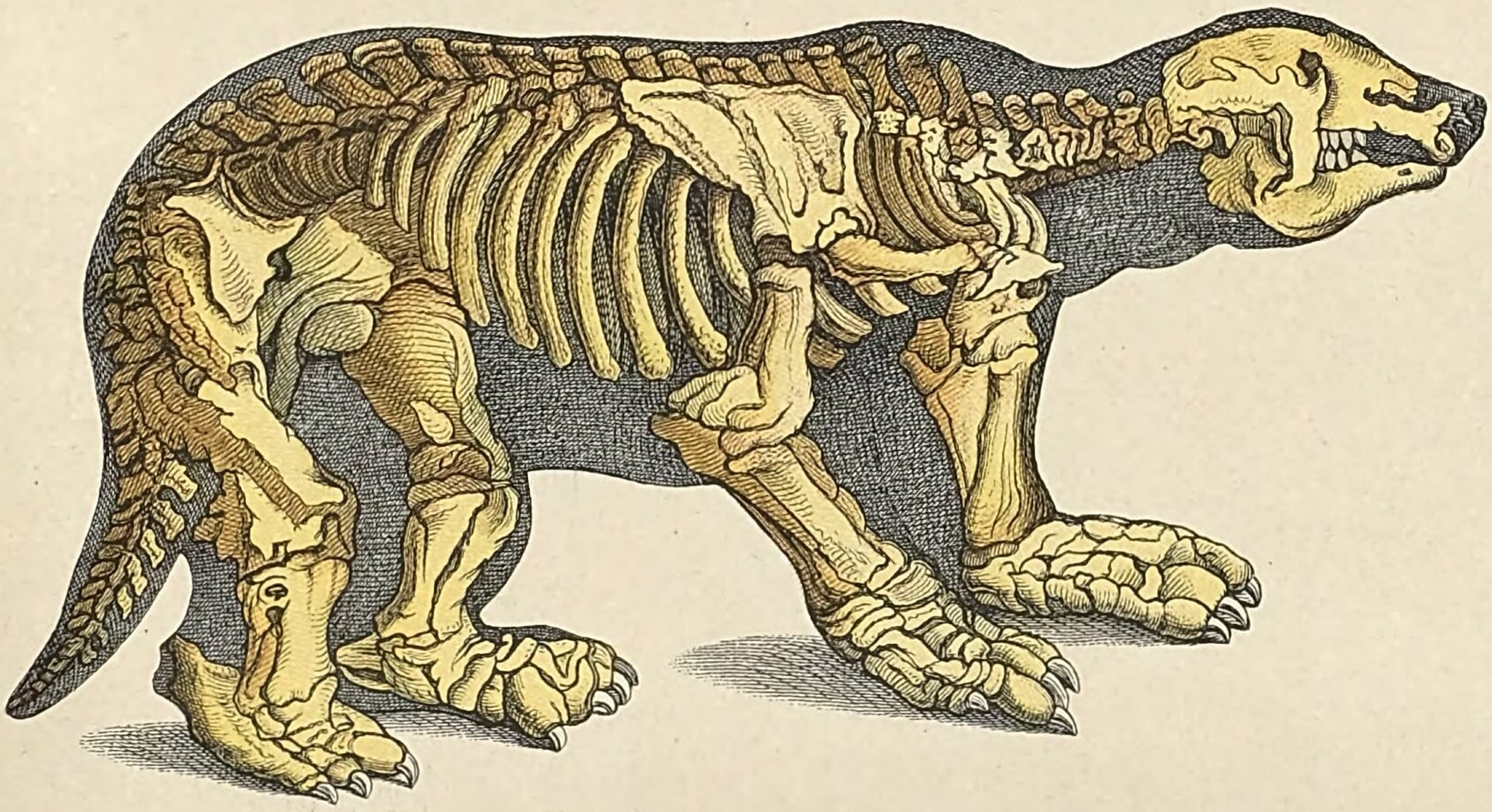




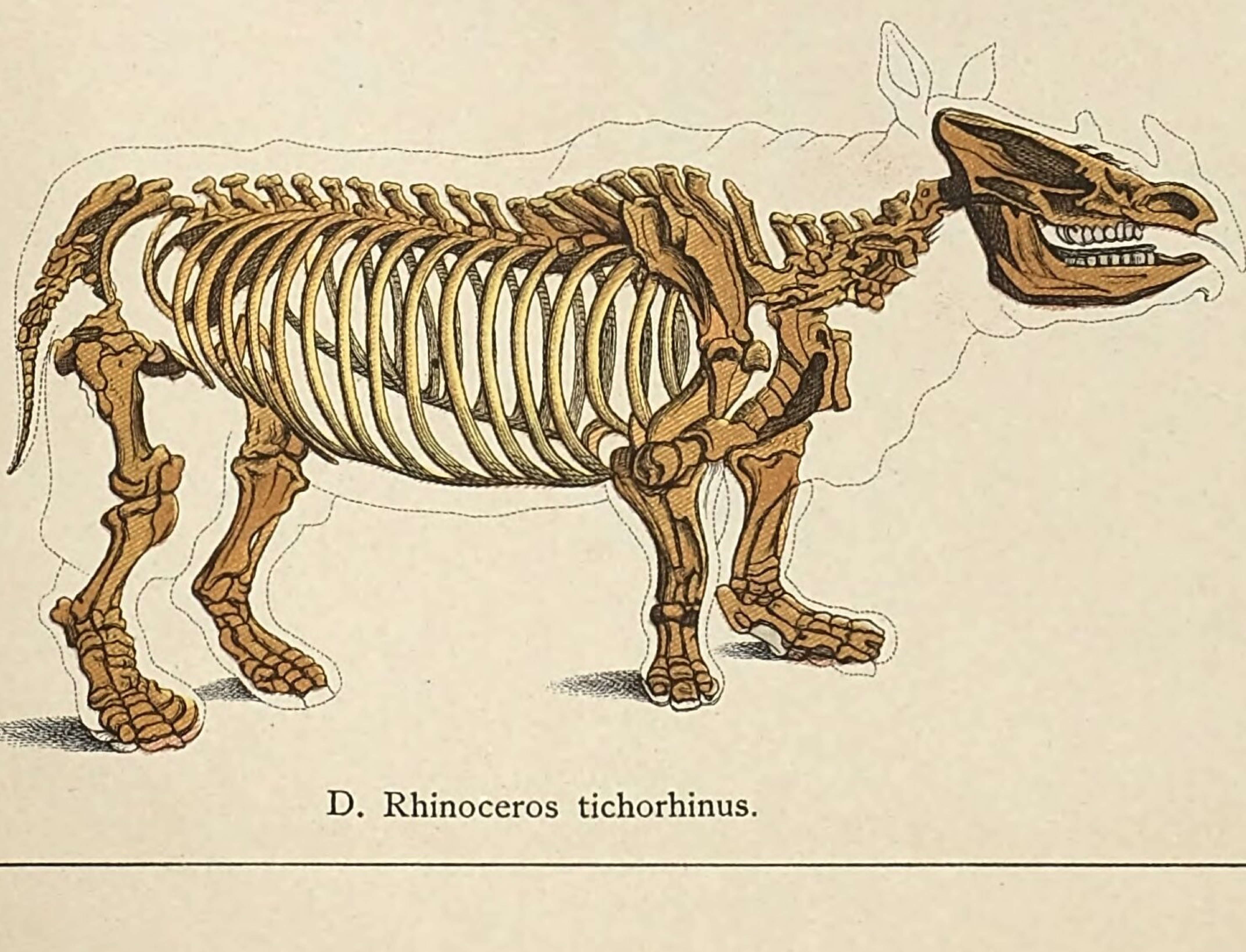


H. Schädel des Bos primigenius. G. Schädel des Ursus spelaeus.

J. Menschenschädel aus der Höhle von Furfoos.



C. Megatherium Cuvieri.



D. Rhinoceros tichorhinus.

Wolf und Fuchs — auch eine Anzahl von Arktikern, die einem viel kühleren Klima angehörten.

Das Ren oder Renntier, Cervus tarandus, weidete damals in ganz Mitteleuropa bis zum Fuß der Alpen und der Pyrenäen.

Ebensoweit in Europa verbreitet mit voriger Art war der Mammut, Elephas primigenius, ursprünglich ein Bewohner der südlichen bewaldeten Gegenden von Sibirien. Er war Bürger eines gemäßigten kühlen Klimas und konnte einen mäßig kalten Winter sicherlich noch ertragen. Beweis dafür ist der zottige Pelz, der sich an einer, im gefrorenen Boden des nördlichen Sibiriens erhaltenen Leiche dieses Elephanten noch vorfand. Damals hatte Sibirien wahrscheinlich einen milderen Winter und einen kühleren feuchten Sommer.

Fig. E. der Mammut, Elephas primigenius, war der nächste Verwandte des heute noch lebenden ostindischen Elephanten, Elephas indicus. Er erreichte eine Länge von 5½ Meter, die Höhe betrug über 3 Meter. Die beiden in weitem Bogen aufwärts- und wieder zurückgekrümmten Stoßzähne erreichten eine Länge von 3½ Meter.

Dieser Elephant war in ganz Mitteleuropa bis zu den Pyrenäen und Alpen und im ganzen südlichen Teile von Sibirien verbreitet und reichte in West nach England, in Ost bis nach Alaska.

In manchen Teilen des nördlichen Sibirien, z. B. auf den neusibirischen Inseln finden sich seine Stoßzähne neben anderen Skelett-Teilen in solcher Menge und in noch so guter Erhaltung, daß von da aus mit dem fossilen oder sibirischen „Elfenbein" ein ansehnlicher Handel noch getrieben wird. Sie sind so weit nach Norden übrigens erst durch übergetretene Ströme getragen worden, auf welchen die Leichen der Tiere aus der Waldregion leicht in den höheren Norden gelangen konnten.

Eine ganze Leiche des Tieres mit Fleisch, Haut und Haaren fand sich im gefrorenen Boden des nördlichen Sibirien am Rande über dem Lena-Strom, unweit von der Mündung desselben. Sie trug noch ein Haarkleid von zweierlei Haaren, rötlichen Wollhaaren und längerem Grannenhaar. Das vollständige Skelett dieses Exemplars ist im naturwissenschaftlichen Museum zu St. Petersburg aufgestellt. Unsere Abbildung zeigt dasselbe in seinem jetzigen Zustand, am Schädel hängen noch Sehnen.

Tafel **XV.** **Fig. F.** Mastodon giganteum war die letzte Art der Gattung Mastodon, vergl. oben Seite 37. Sie war über Nordamerika verbreitet und findet sich namentlich in den östlichen Unions-Staaten und im angrenzenden Teile von Kanada. Man kennt eine Anzahl vollständiger Skelette aus Torfmooren. Die Länge des Tiers betrug 6 Meter, die Höhe gegen 4 Meter. Die Stoßzähne im Oberkiefer erreichten gegen 4 Meter Länge. Die des Unterkiefers blieben klein und fielen meist frühe aus.

Ein häufiger Begleiter des Mammuts in Nordasien und in Europa war

Fig. D. Rhinoceros tichorhinus, das Nashorn mit knöcherner Nasenscheidewand und, gleichwie das lebende afrikanische Nashorn, mit zwei hintereinander stehenden Hörnern versehen. Auch von diesem Arktiker fand sich im gefrorenen Boden von Sibirien bei Jakutsk ein noch mit Spuren von Haut und Haaren versehenes vollständiges Gerippe. Knochen und Zähne derselben Art sind außerdem, gleichwie vom Mammut, eine häufige Erscheinung in den der Eiszeit angehörigen Bodenschichten in Mittel- und Nordeuropa, namentlich im Löß. Beide waren vermöge ihres warmen Haarkleides einem kühleren Klima angepaßt.

Fig. F. Cervus megaceros ist das Riesen-Elen oder der Riesenhirsch der Eiszeit und gleich der vorigen eine erloschene Art. Von ihr fanden sich nicht selten am Grunde von Torfmooren in Irland vollständige Skelette. Auch im übrigen Mitteleuropa und in Sibirien fanden sich hin und wieder Reste derselben Art. Vielleicht ist sie erst spät von Menschenhand ausgerottet worden. Riesig groß war ihr gewaltiges, schaufelförmiges, vielzackiges Geweih, größer und schwerer als das irgend einer anderen Hirschart. Es erreichte 2,7 Meter Breite und zugleich von der rechten zur linken Spitze eine Spannweite von 3—4 Meter. Der übrige Körper des Tieres erreichte keine sonderlich größeren Maße als der des Edelhirsches oder der des Elens.

Fig. H. der Ur (Bos primigenius) ist die Stammart unseres zahmen Rindes, namentlich der Friesländer Rasse, war aber noch etwas stärker. Der Ur war während der quartären Epoche weit über Europa verbreitet und ist erst in geschichtlicher Zeit, wie es scheint, erst gegen Ende des Mittelalters, als wildes Tier ausgerottet worden.

Sein gewöhnlicher Begleiter war der Wisent, Bos priscus oder Bison europaeus. Einst in Mitteleuropa während der Eiszeit verbreitet und noch in geschichtlicher Zeit ein vielgenanntes Jagdwild, ist er allmählich von der Hand des Menschen eingeengt worden. Er lebt noch in Litauen als gehegtes Wild. (Der Wisent wird heute auch oft noch Auerochs genannt. Dieser Name beruht auf einer Verwechslung mit dem Ur und ist verwerflich.)

Der Moschusochs, Bos moschatus oder Ovibos moschatus ist heutzutage nur noch ein Bewohner des arktischen Gebiets von Nordamerika, bewohnte aber während der Eiszeit auch Sibirien und Mitteleuropa. Unter anderm fanden sich die mit kräftigem Gehörn ausgestatteten Schädel zu Berlin und zu London in eiszeitlichen Ablagerungen als giltige Beweise eines vorübergehenden kälteren Klimas in Mitteleuropa. Er ist hier früh wieder verschwunden.

Fig. G. Der Höhlenbär (Ursus spelaeus) übertraf an Größe seinen heute noch lebenden Verwandten, den gemeinen braunen Bär, Ursus arctos, um etwa ⅕. Der Schädel weicht auch etwas ab und zeichnet sich durch den mächtig entwickelten Kamm (crista sagittalis) aus.

Er war in Mitteleuropa während der Eiszeit weit verbreitet und ist auch in Sibirien nachgewiesen. Seine Reste finden sich häufig im Löß und im Boden von Höhlen. Manche Höhlen haben reichliche Ueberreste dieses Tieres geliefert. So die von Muggendorf in Franken die Reste von mehr als 800 Individuen. Diese Höhle muß also eine lange Zeit von Höhlenbären bewohnt worden sein.

Andere Höhlen waren vorzugsweise die Heimstätte der Höhlenhyäne, Hyaena spelaea. Sie ist der nächste Verwandte der südafrikanischen gefleckten Hyäne, Hyaena crocuta, aber etwas größer als diese und mit stärker entwickelten Knochenkämmen versehen. Ausgezeichnete Hyänenhöhlen finden sich namentlich in England. So die von Kirkdale in Yorkshire. Sie lieferte die Reste von mehr als 300 Individuen der Höhlenhyäne. In Deutschland sind ähnliche Hyänenhöhlen eine seltene Erscheinung.

Die Ordnung der Edentaten oder der Zahnarmen und Zahnlosen ist heutzutage besonders in Südamerika vertreten und war es während der quartären Epoche auch ebenda und in den südlichen Unionsstaaten. Unter den damaligen Vertretern waren mehrere sehr große Arten, welche die kleinen heute noch lebenden Edentaten Südamerikas weit übertrafen. Sie sind seither erloschen.

Fig. C. Megatherium Cuvieri, die hervorragendste dieser großen erloschenen Edentatenarten von Südamerika, war der nächste Verwandte der heutigen kleineren auf Bäumen lebenden Faultiere oder Bradypoden, aber von so grobkörnigem Bau, daß es sicher kein Baumbewohner gewesen sein kann. Dieses sogenannte Riesenfaultier erreichte 6 Meter Länge und gegen 3 Meter Höhe, also beiläufig die Maße eines Elephanten. Die ganze Gestalt und die Einzelheiten des Baues deuten auf einen Blätterfresser, der auf den Hinterfüßen und mit Hilfe des starken Schwanzes sich an Bäumen aufrichtete

und mit den Armen die beblätterten Zweige herabzog. Ein vollständiges Skelett fand sich im Jahre 1789 im Lehmboden von Buenos Ayres und ist jetzt im naturwissenschaftlichen Museum zu Madrid aufgestellt.

Fig. J. stellt einen Menschenschädel aus der Höhle von Furfooz in Belgien dar. Er hat nichts sonderlich bemerkenswertes an sich.

Ueberhaupt zeigen auch die ältesten prähistorischen oder vorgeschichtlichen Menschenschädel aus den quartären Schichten von Europa, z. B. aus Löß und Höhlen, fast nur solche Formen, wie sie auch noch gelegentlich unter heutigen Nordasiern und Europäern vertreten erscheinen.

Wann der Mensch zum erstenmale den Boden von Europa betrat, ist noch nicht genauer ermittelt. Es ist aber zur Genüge dargethan, daß er in der Eiszeit, als das Rentier von Lappland und Sibirien noch bis zum Fuße der Alpen und der Pyrenäen vorgewandert war, schon das mittlere und vermutlich auch das südliche Europa bewohnte.

Man kennt aus dieser Zeit bereits viele seiner Geräte und weiß auch manches von seiner Nahrung und Lebensweise, ja selbst von seiner Leichenbestattung.

Darnach waren die ersten Einwanderer in Europa kleinere, noch ziemlich rohe Jagdvölkchen, welche Waffen von Stein, Horn und Knochen führten und mit diesen den Kampf gegen den Ur und den Wisent, den Höhlenbären und den Mammuth wagten. Ihr Hauptjagdwild waren übrigens das Rentier und das Pferd. Sie besaßen auch, wie es scheint, anfänglich den Hund noch nicht.

Diese brachten erst später einwandernde Stämme nach Eurapa. Einer noch etwas späteren Zeit mag die Einführung von Ackerbau und Viehzucht angehört haben. Die ältere Heimat des europäischen Urmenschen war vermutlich der Osten und der Südosten. Er mag über die südrussischen Ebenen seinen Weg genommen haben, den Fährten seines Jagdwildes folgend. Doch kann auch ein oder der andere Zug den Umweg über Nordafrika und Spanien eingeschlagen haben.

Hierüber wie über so manches andere in der Urgeschichte der Menschheit sind die Aufnahmen noch nicht geschlossen und neue Funde können noch schwerwiegende Aufschlüsse bringen.

Tafel XVIII.

Unser ideales Landschaftsbild zeigt uns ein Waldthal am Fuße eines schneebedeckten und weitereinzu vergletscherten Hochgebirges. Es ist eine Darstellung des Zustandes einer mitteleuropäischen Gegend während der Eiszeit oder der diluvialen Epoche. Wir sehen die ersten Menschen Europas in Gesellschaft der seither aus diesem Gebiet verschwundenen großen Säugetierarten, die das Ziel seiner Nachstellungen waren, und oft auch von ihm erlegt wurden.

Oben zur Rechten gewahren wir die riesenhafte Gestalt des Mammut oder behaarten Elefanten, Elephas primigenius.

Die Mitte nimmt eine Heerde von Moschusochsen ein; es ist der im arktischen Amerika noch lebende Ovibos moschatus. Er ist in Europa und Asien erloschen.

Links unten sehen wir einen Troglodyten oder Höhlenbewohner mit hochgeschwungener Steinaxt dem mächtigen Höhlenbewohner, Ursus spelaeus, den Weg sperren ohne ahnen zu können, wer aus diesem gewagten Streit als Sieger hervorgehen wird. Unseren ältesten Landsleuten war offenbar das Leben auch nicht gerade leicht gemacht und manche Kämpfe eifersüchtiger Jagdnachbarn mögen mit Keulen oder mit Steinbeilen ausgefochten worden sein.



Ideales Landschaftsbild

Mensch der Eiszeit. Höhlenbär. Riesenhirsch. Mammut.



der Dilnvialzeit Europas.

. Höhlenlöwe. Nashorn. Moschusochs. Murmeltier.

Namenverzeichnis.

Druckfehler-Verzeichnis.

Mineralogie.

Seite 10 Zeile 1 von oben rechts lies im statt am.
„ 15 „ 13 „ unten „ „ Pyrolusit statt Pyrolmit.
„ 27 „ 12 „ oben links „ = statt +.
„ 27 „ 28 „ unten rechts „ Tremolit statt Tremolith.
„ 27 „ 2 „ „ „ „ der statt das.
„ 59 „ 13 „ „ „ „ Pereira statt Percira.
„ 61 „ 10 „ oben links „ Talkschiefer statt Kalkschiefer.

Geologie.

Seite 12 Zeile 29 von unten links lies citophyr statt cithophyr.
„ 27 „ 11 „ oben „ „ Cycadeen statt Cyeadeen.
„ 27 „ 31 „ unten rechts „ von statt vnn.

/ Kenngott, Adolf / Rolle, Friedrich,

Naturgeschichte des Mineralreichs für Schule u. Haus

Bd.: 2

1888